Aalto-yliopisto
Insinööritieteiden korkeakoulu

Miika Knuutila

Ympäristöluokitellun asuinrakennuksen rakennusprosessin hallinta

Diplomityö, joka on jätetty opinnäytteenä tarkastettavaksi diplomi-insinöörin tutkintoa varten.

Espoossa 29.05.2017
Valvoja: Professori Olli Seppänen, Aalto-yliopisto
Ohjaaja: DI Pirkka Pikkarainen, NCC Property Development Oy

Aalto-yliopisto
Insinööritieteiden korkeakoulu

Aalto-yliopisto, PL 11000, 00076 AALTO
www.aalto.fi

Diplomityön tiivistelmä

Tekijä Miika Knuutila

Työn nimi Ympäristöluokitellun asuinrakennuksen rakennusprosessin hallinta

Koulutusohjelma Rakenne- ja rakennustuotantotekniikka

Pää-/sivuaine Rakennusfysiikka ja -materiaalit/ Rakentamistalous **Koodi** IA3017

Työn valvoja TkT Olli Seppänen

Työn ohjaaja(t) DI Pirkka Pikkarainen

Päivämäärä 29.5.2017 **Sivumäärä** 71 + 8 s. **Kieli** Suomi

Tiivistelmä:

Ympäristöluokitusten hakeminen on Suomen asuntotuotannossa vielä uutta. Diplomityön tavoitteena oli selvittää ympäristöluokitusten asettamat vaatimukset asuinrakennuksen rakennusprosessille sekä mitä mahdollisuuksia ja haasteita ympäristöluokiteltujen asuinrakennusten rakentaminen tuo tulevaisuudessa. Diplomityön tuloksena esitetään prosessikuvaus ympäristöluokitellun asuinkerrostalon rakennusprosessin tuotantovaiheeseen.

Tutkimustyön teoreettisen osuuden kirjallisuuskatsauksessa tutkittiin aikaisempia tutkimuksia sekä tieteellisiä julkaisuja. Kirjallisuuskatsauksen perusteella valittiin tutkimukselle käytettävät menetelmät, hypoteesi sekä analyyttinen viitekehys. Tutkimustyön empiirisessä osuudessa tutustuttiin NCC Suomi Oy asuntorakentamisen yksikön nykytilaan, jonka perusteella luotiin tuotantovaiheen prosessille mallin. Lopuksi mallia testattiin ja vertailtiin case- tutkimuksessa. Näiden perusteella esitettiin tavoitteeksi asetettu tuotantovaiheen prosessikuvaus ja siihen liittyvät toimenpide- ehdotukset sekä tutkimuksen aikana esiin nousseet mahdollisuudet ja haasteet. Case- tapaustutkimus kohdistui asuntorakentamisen yksikön ensimmäiseen Joutsenmerkkiä hakevaan asuinkerrostalokohteeseen.

Tutkimus vahvistaa sille asetetun hypoteesin: Ympäristöluokituksen mukainen toteutus vaatii muutoksia rakennusprosessiin. Laadittu prosessikuvaus pitää sisällään kestävää rakentamista ja ympäristöluokitusten toteutusta tukevia ydinprosesseja, joita ovat yrityksen sisäisen vastuullinen työmaa- toimintamallin toteuttaminen, laadunvarmistuksen ja materiaalien sekä kemikaalien hallinta, tiedon välittäminen työmaan sisällä, tavoitteet ja vastuuttaminen, luokituksen hakuprosessin resursointi sekä toteutuskustannusten hallinta. Ympäristöluokitusten toteutumisen suhteen suurimpina haasteina rakennusprosessin hallinnan kannalta nähtiin suuret toteutuskustannukset, ympäristöluokitusten ja kestävän rakentamisen heikko tietämys alalla, työmaan eri osapuolille yhteisten tavoitteiden asettaminen ja niihin sitouttaminen sekä rakennusalan muutosvastaisuus. Mahdollisuuksina nähtiin yrityksen sisäisen toiminnan kehittyminen, kilpailuetu sekä ympäristöluokitusten vahva markkina- arvo.

Avainsanat Kestävä rakentaminen, ympäristöluokitus, joutsenmerkki, prosessijohtaminen, prosessikuvaus

Aalto University
School of Engineering

Aalto University, P.O. BOX 11000, 00076 AALTO
www.aalto.fi

Abstract of master's thesis

Author Miika Knuutila

Title of thesis Construction process management of an environmental certificated residential building

Degree programme Master´s programme in Structural Engineering

Major/minor Building Physics and Materials/ Construction economics **Code** IA3017

Thesis supervisor D. Sc Olli Seppänen

Thesis advisor M. Sc Pirkka Pikkarainen

Date 29.5.2017 **Number of pages** 71 + 8 p. **Language** Finnish

Abstract

Producing environmental certificated buildings is still new in residential construction in Finland. The aim of this thesis was to find out the requirements of the environmental certification for construction process and what opportunities and challenges the construction of environmental certificated residential buildings will bring in the future. The result of the thesis is a process description for the construction phase of an environmental certificated building.

The literature review of the theoretical part focused on previous studies and scientific publications. The methods used for the research, the hypothesis and the analytical framework were chosen according to the literature review. In the empirical part the current state of the residential construction unit of NCC Suomi Oy was presented and based on the current state and literature review model for the production process was created. Finally, the model was tested and compared in case study. Based on these, the process description of the production phase was finished as well as the opportunities and challenges that emerged during the research. The case study focused on the first Swan project of the company´s residential construction unit.

The research confirms the hypothesis set for it: Construction according to the environmental certification requires changes in the construction process. The prepared process description includes core processes that support the implementation of environmental certification, including the implementation of a company's responsible building site- concept, quality assurance, materials and chemicals management, information delivery within the site, setting goals and responsibilities, resource setting for process management and cost management during the construction phase. The biggest challenges for the management of the building process were the high construction costs, the poor knowledge of environmental certifications and sustainable construction in the field, the setting and commitment of common goals for different parties in the construction site, and the construction sector's resistance to change. Opportunities were seen as the development of the company's internal operations, the competitive advantage and the strong market value of the environmental certification.

Keywords sustainable construction, environmental certification, Swan, process management, process description

Alkusanat

Tämä diplomityö on toteutettu opinnäytteenä diplomi- insinöörin tutkintoa varten Aalto-yliopiston insinööritieteiden korkeakoulun Rakennustekniikan laitokselle. Diplomityön tilaaja on NCC Suomi Oy:n asuntorakentamisen yksikkö. Diplomityö on toteutettu osana NCC Suomi Oy:n kehityshanketta rakentaa yhtiön ensimmäinen Joutsenmerkitty asuinkerrostalo Suomeen. Diplomityö on toteutettu lokakuun 2016 ja toukokuun 2017 välisenä aikana.

Diplomityön valvojana on toiminut professori Olli Seppänen, jolle kuuluu iso kiitos kannustavasta työn valvonnasta ja kärsivällisyydestä työn aikana. Haluan kiittää myös diplomityön ohjaajana aloittanutta Emma Suokasta, jonka ansiosta sain aiheen ja työ oikeasti pienien käynnistämisvaikeuksien jälkeen lähti liikkeelle. Diplomityöni loppuaikana ohjaajana toimi Pirkka Pikkarainen, jolle olen kiitollinen työn loppuvaiheen aktiivisesta ja motivoivasta ohjauksesta. Molempien ohjaajien panos diplomityön toteutumisen suhteen oli korvaamaton. Kiitos kuuluu myös diplomityön haastatteluihin ja case-testaukseen osallistuneille.

Diplomityö on toteutettu työn ohessa, mikä on vaatinut paljon järjestelyitä ja joustamista myös muilta. Haluan kiittää työn toteutuksen räätälöinnistä ja joustavuudesta työnantajaani NCC Suomi Oy:tä ja ensisijaisesti Ilkka Leskelää sekä Pirkka Pikkaraista, joiden avulla työn toteutus töiden ohessa saatiin toimimaan. Lisäksi haluan kiittää nykyistä esimiestäni Petri Santalaa joustavuudesta ja ymmärryksestä työn toteutuksen suhteen sekä työ- että opiskelukaveriani Jan Lundia avustasi ja esimerkistäsi koko opintojen ajan.

Lopuksi haluan kiittää perhettäni tuesta sekä tämän diplomityön että opintojeni suorittamisen suhteen. Ilman rakkaan vaimoni tukea työn, opintojen ja perheen arjen yhteensovittaminen olisi ollut mahdotonta. Kiitos myös lapsillemme Akselille, Heikille, Annille, Olaville ja Aarnille, lupaan että nyt iskän kohdalta koulut on käyty!

Espoo 29.05.2017

Miika Knuutila

Sisällysluettelo

Lyhenteet

BREEAM	Building Research Establishment´s Environmantal Assessment Method (ympäristöluokitus)
CASBEE	Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency (ympäristöluokitus)
DGNB	Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (ympäristöluokitus)
ERA 17	Suomessa perustettu toimintaohjelma, joka tähtää rakennetun ympäristön energiatehokkuuteen
FSC	The Forest Stewardship Council (ympäristöluokitus)
GBCF	Green Building Council Finland
KVR	Kokonaisvastuurakentaminen
LCA	Life Cycle Assessment
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design (ympäristöluokitus)
NCC	Nordic Construction Company
SFS	Suomen standardisoimisliitto
VNA	Valtioneuvoston asetus
VTT	Valtion teknillinen tutkimuslaitos

1 Johdanto

1.1 Tutkimuksen tausta

Rakennusala kehittyy tällä hetkellä yhä enemmän kohti ympäristöystävällisempiä ja kestävän kehityksen mukaisia ratkaisuja. Ilmastonmuutos huolestuttaa maailmanlaajuisesti ja sillä on ollut vaikutuksensa kaikkien teollisuuden alojen kehityksessä viime vuosikymmeninä. Rakennusalalla on alettu kiinnittämään huomiota toimintojen ympäristövaikutuksiin jo 1990- luvulta lähtien. (Haapio 2008.) Rakennusteollisuuden (RT ry) mukaan rakentamisen ja rakennusten ylläpidon energian loppukäytön osuus Suomessa on 42 % ja vastaava luku kasvihuonepäästöjen suhteen on 38 %. Rakennusala nähdäänkin olevan suuressa roolissa, jos halutaan vähentää kasvihuonepäästöjä ja parantaa energiatehokkuutta valtakunnallisella tasolla sekä hidastaa maailmanlaajuisesti ilmaston lämpenemistä (esim. Rakennusteollisuus RT ry 2017, GBCF 2017).

Ympäristöystävällisyyden näkökulma rakentamisessa on muuttanut lopputuotteen toiminnan arviointia kohti laajempaa kokonaiskuvaa (esim. Haapio 2008). Puhutaan elinkaariajattelusta, jossa rakentamisessa syntyneen lopputuotteen ympäristövaikutukset nähdään sen koko elinkaaren ajalta aina raaka-aineiden hankinnasta loppukäyttöön ja purkamiseen asti (esim. Ortiz ym. 2008, Bilec ym. 2010). Rakentamisen kehitys kohti ekologisempia ratkaisuja on luonut tarvetta erilaisille rakennusten ympäristöystävällisyyttä todentaville mittareille (esim. Hakaste 2008). Rakentamisen ympäristövaikutuksia mittaaviksi työkaluiksi on kehitetty muun muassa erilaisia ympäristöluokituksia, joilla on ollut ja tulee olemaan suuri merkitys rakennusalan kehityksessä (esim. Ding 2007). Rakentamisessa käytettävien ympäristöluokitusten metodologian ja kehityksen taustalla vaikuttaa LCA (Life Cycle Assessment), joka on kaikkien ympäristöluokitusten edeltäjä antaen perusteet rakennustuotteen elinkaariarviointiin (Ortiz ym. 2008). Ympäristöluokitukset toimivat rakentamisen ja rakennuksen käytön aikana sekä mittareina että työkaluina ja niiden on koettu lisäävän rakennusten arvoa sekä käytössä että markkinoinnissa (Karhu 2015).

Suomessa ympäristöluokitusten mukainen rakentaminen on tuttua toimitilarakentamisen puolella. Green Building Council Finland- järjestön mukaan marraskuussa 2015 Suomessa oli yhteensä yli 120 LEED ja BREEAM- sertifioitua rakennusta. Edellä mainittujen suosittujen kansainvälisten ympäristöluokitusten lisäksi kotimainen Promise- ympäristöluokitus on ollut Suomessa suosittu. Asuntotuotannossa ympäristöluokitusten käyttö on Suomessa vielä uutta. Vaikka ympäristöluokituksia on kehitetty kansainväliseen käyttöön, on niiden soveltuminen asuntotuotannossa rajoittunut vielä enemmän paikalliseen käyttöön. (GBCF 2017.) Suomen asuntotuotannossa ympäristöluokituksista ovat näyttäytyneet lähinnä paikallisesti kehitetty Promise sekä Ruotsissa kehitetty Joutsenmerkki, jonka uudisrakennusten sertifiointeja asuntopuolella löytyy jo jokaisesta pohjoismaasta (GBCF 2017, Ympäristömerkintä 2017). Kansainvälisesti menestyneitä LEED- ja BREEAM- luokituksia ei ole vielä toistaiseksi nähty Suomen asuntotuotannossa toimitilarakentamisen tapaan (GBCF 2017, LEED 2017, BREEAM 2017).

NCC Asuntorakentamisen yksiköllä on tällä hetkellä menossa yhden suurimman asiakkaansa kanssa kehityshanke Joutsenmerkki- rakennuksesta, joka rakentuessaan tulee olemaan NCC Suomi Oy:n ensimmäinen Joutsenmerkki- sertifikaatilla valmistunut asuinkerrostalo Suomessa. Valmistuessaan rakennus tulee olemaan myös suurin Joutsenmerkki- sertifioitu asuinkerrostalo Suomessa. Kehityshanke on saanut alkunsa jo

syksyllä 2015 ja itse rakennustyöt aloitetaan alkuvuodesta 2017. Ympäristömerkinnän mukaan Suomen ensimmäinen asuinkerrostalo sai joutsenmerkin vuonna 2015.

Ympäristöystävällisen ja kestävän kehityksen mukaisen rakentamisen taustalla vaikuttaa ympäristöluokitusten lisäksi myös muuttuva rakentamislainsäädäntö (esim. Häkkinen 2011, GBCF 2017). Kansainvälistä kehityssuuntaa luo eurooppalainen energia- ja ilmastopolitiikka ja sen säätämä energiatehokkuusdirektiivi, jota myös Suomi on sitoutunut noudattamaan (GBCF 2017). Rakentamisen sektorilla kilpailun kannalta tärkeää tällä hetkellä onkin sopeutua nopeasti muuttuvaan lainsäädäntöön ja olla jopa edellä muita kilpailijoita (Häkkinen 2011, s.13). Euroopan ympäristödirektiivin mukaan jo vuonna 2020 uudisrakennukset tulee olla energiankulutukseltaan lähes nollaenergiataloja (GBCF 2015). Vaikka ympäristöluokitusten mukainen rakentaminen on vielä vapaaehtoista, tulee rakentaminen joka tapauksessa kehittymään lähivuosina ympäristöystävällisempään suuntaan pakonomaisesti lainsäädännön ohjailemana.

Rakennusalan kehittyessä kohti ympäristöystävällisempiä ja kestävän kehityksen mukaisia ratkaisuja, tietotaso kasvaa ja tarjolla on yhä enemmän uusia työkaluja ja teknologian ratkaisuja rakentamisen ja ylläpidon prosesseihin. Uusimpien arviointijärjestelmien ja työkalujen soveltamiseksi tehokkaasti päätöksenteossa vaaditaan muutoksia myös itse rakennusprosessiin. On tärkeää tunnistaa kestävän rakentamisen vaatimat muutokset itse prosessissa ja minkälaisia uusia rooleja, tehtäviä sekä yhteistyön muotoja se vaatii. (Häkkinen 2011, s.9.)

Ympäristöluokitusten toteuttaminen vaatii muutosta totuttuihin prosesseihin (esim. Mesimäki ym. 2015). Prosessiajattelun kehitys on yleistynyt länsimaissa kunnolla vasta 1990- luvulla, mutta rakennusalalla prosessiajattelua ja prosessien kehitystä on ollut jo 1970- luvulta asti (Koivu 2002). Rakentaminen on prosessilähtöistä toimintaa, jonka ohjaamiseen ja kehittämiseen luo perusteita prosessijohtaminen. Prosessijohtaminen on rakennusalalla yleistynyt uusi ja modernimpi tapa johtaa, ohjata ja parantaa liiketoimintaprosesseja. (Dave 2016, Hannus 2000.) Prosessijohtamisesta on paljon kokemuksia rakennusalalla maailmanlaajuisesti sekä myös Suomessa, joista yksi suunnannäyttäjä on esimerkiksi Kone Oy:n kasvu kansainvälisesti menestyväksi yritykseksi (Hannus 2000).

Rakennusprosessien muuttamista ja hallintaa voidaan parantaa erilaisten työkalujen avulla. Kestävän rakentamisen prosesseja tukevia työkaluja tarjoavat ympäristöluokitusten lisäksi muun muassa rakennusalalla jo omaksuttu Lean tuotantofilosofia sekä työmaiden digitalisoituminen. Rakentamisessa sovelletaan myös visuaalisia työkaluja rakennusprosessin kaikissa vaiheissa (esim. Koistinen & Koskenvesa 2014, Tezel ym. 2010). Rakennusprosessien muuttaminen, johtaminen ja toteuttaminen perustuvat prosessikuvaukseen, jonka sovellettavuuteen visuaalisena työkaluna kannattaa panostaa.

Ympäristöluokitusten mukainen rakentaminen luo tulevaisuuden rakentajille mahdollisuuksia. Asuntorakentamisessa ympäristöystävällisyys ja kestävän rakentamisen omaksuminen ovat kilpailuedun ja markkinoinnin kannalta yhä tärkeämmässä roolissa tulevaisuudessa (Karhu 2015). Mahdollisuuksien mukana tulee myös haasteita, joiden tunnistaminen liiketoiminnan taloudellisen kannattavuuden sekä rakennusprosessien hallinnan kannalta on tärkeää. Nykyinen toiminta saattaa yritystasolla olla jo lähellä kestävää rakentamista ja ympäristöluokitusten mukaista toteutusta. Prosessien kehittäminen tulee perustua kuitenkin tunnistettuun yritystason muutostarpeeseen, jonka yksityiskohtaisempaan kartoitukseen tarjoaa vastauksia mahdollisuuksien ja haasteiden selvittäminen (Davenport 1993, s.10- 12).

1.2 Tutkimusongelma

Suomessa asuntorakentamisessa ympäristöluokitusten mukaisesta rakentamisesta ei vielä ole kokemuksia. Kestävä rakentaminen vaatii muutoksia itse rakennusprosessiin ja totuttuihin toimintamalleihin. Ympäristöluokitusten mukainen rakentaminen vaatii yrityksen sisäisen toiminnan kehitystä ja se tuo mukanaan omat mahdollisuutensa mutta myös haasteensa. Nämä mahdollisuudet ja haasteet on tunnistettava ja otettava huomioon toiminnan kehittämisessä kohti kestävää rakentamista.

NCC:n asuntorakentamisen yksiköllä on toimintajärjestelmän mukaan selvä toimintamalli ja prosessikuvaus, jolla tavanomaiset rakennushankkeet toteutetaan tavanomaisilla urakkamuodoilla. Yksiköllä ei kuitenkaan ole selvää toimintamallia tai kokemusta ympäristöluokiteltujen asuinkerrostalojen rakentamisesta ja tämän vuoksi tilaajayrityksessä nähdään tarpeelliseksi luoda selkeä prosessikuvaus vastaaville hankkeille nyt ja tulevaisuudessa. Ympäristöluokiteltujen asuinkerrostalojen prosessikuvauksen tulisi sopia mahdollisimman hyvin yrityksen nykyiseen toimintajärjestelmään.

Asuntorakentamisen yksikkö on puhtaasti urakointirakentamiseen keskittynyt tuotantoyksikkö. Suomessa asuntojen urakointi on kilpailua muiden toimijoiden kanssa ja kilpailuetuja pyritään löytämään jatkuvasti. Ympäristöluokiteltujen asuinrakennusten rakentaminen erottaa NCC:n muista kilpailijoista ja kokemuksen mukana tuleva osaaminen ja tuntemus ympäristöluokituksia kohtaan kiinnostavat myös asiakkaita.

Yrityksen sisällä muissa tuotantoyksiköissä on kokemusta ympäristöluokiteltujen rakennusten rakentamisesta ja konsernin sisällä Joutsenmerkillä varustettuja asuinrakennuksia on jo rakennettu muun muassa Ruotsissa. Ympäristöluokiteltujen asuntohankkeiden prosessikuvauksen laatimisen kannalta ensisijaisen tärkeää tietoa ja kokemusta löytyy jo valmiiksi yrityksen ja konsernin sisältä.

Tutkimuksella haetaan vastauksia seuraaviin kysymyksiin:

1. Millä tavalla ympäristöluokitellun asuinrakennuksen asettamat vaatimukset vaikuttavat rakennusprosessiin?
2. Mitä mahdollisuuksia ja haasteita ympäristöluokitellun asuinkerrostalon rakentaminen tuo tulevaisuudessa?

Ensimmäisessä tutkimuskysymyksessä selvitetään ympäristöluokitusten asettamat vaatimukset, jotka aiheuttavat toimenpiteitä ja on otettava huomioon rakennusprosessin tuotantovaiheessa. Prosessikuvauksen vertailupohjaksi otetaan asuntorakentamisen yksikön käytössä oleva prosessikuvaus, joka on ollut käytössä KVR- urakkamuodoissa. Tapaustutkimuksessa tutkitaan Joutsenmerkin tuomia vaatimuksia rakennusprosessin tuotantovaiheelle ja miten niihin on tällä hetkellä varauduttu. Kirjallisuuskatsauksessa Joutsenmerkin ja muiden yleisimpien Suomessa käytössä olevien ympäristöluokitusten välillä tehdään lyhyt vertailu, jonka avulla selvitetään Joutsenmerkin soveltuvuutta edustamaan tutkimuksessa ympäristöluokituksia yleisellä tasolla. Tutkimuskysymyksen vastauksia hyödyntämällä laaditaan uusi konkreettinen prosessikaavio ympäristöluokitellulle asuinkerrostalohankkeen tuotantovaiheelle.

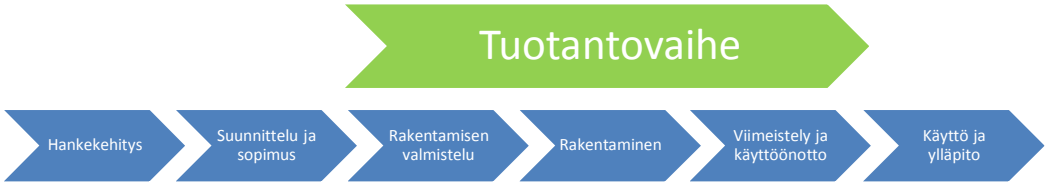
Toisessa tutkimuskysymyksessä keskitytään tarkastelemaan ympäristöluokiteltujen asuinkerrostalojen rakentamisen tuomia mahdollisuuksia ja haasteita. Tutkimuskysymys on perusteltu voittoa tavoittelevan tuotantoyksikön näkökulmasta; on tärkeää tunnistaa uudenlaisen urakointituotteen soveltuvuus tuotantoyksikölle. Mahdollisuuksien ja haasteiden kautta voimme arvioida muun muassa ympäristöluokitusten tuomaa kilpailuetua

ja taloudellista tulosta tulevaisuudessa. Tutkimuskysymyksellä pyritään nostamaan esiin myös tuotantoyksikön näkökulmasta mahdollisia jatkokehitystä vaativia kohtia.

1.3 Tutkimuksen tavoitteet ja rajaus

Tutkimuksessa selvitetään ympäristöluokitusten asettamia vaatimuksia asuinkerrostalon rakennusprosessille. Työn tavoitteena on laatia konkreettinen prosessikaavio asuntorakentamisen yksikön käyttöön, jonka avulla ympäristöluokiteltuja asuinkerrostaloja yhtiön sisällä jatkossa rakennetaan. Uuden prosessikaavion tulee integroitua mahdollisimman hyvin jo olemassa olevaan toimintajärjestelmään, jolloin sen soveltuvuus on optimoitu. Prosessikaavion laatimisessa pyritään hyödyntämään mahdollisimman pitkälle jo olemassa olevaa konsernin sisäistä tietoa ja kokemusta. Tutkimustyön tavoitteena prosessikaavion laatimisen lisäksi on nostaa esille tutkimuksen ja testauksen aikana esiin nousevia jatkokehitysideoita yksityiskohtaisemman tarkastelun kohteeksi.

Tutkimustyö on rajattu koskemaan asuinkerrostaloja, vaikkakin vertailua tehdään tutkimuksen aikana myös toimitilahankkeisiin. Prosessikuvauksen laatimisen pohjaksi on valittu tilaajayrityksen toimintajärjestelmän mukainen KVR- urakkamuoto, joka on esitetty kuvassa 1. Tässä tutkimuksessa keskitytään ja prosessikaavio laaditaan urakan tuotantovaiheeseen, joka pitää sisällään *rakentamisen valmistelu-, rakentamis-* sekä *viimeistely- ja käyttöönottovaiheet.*



Kuva 1. NCC:llä käytössä oleva KVR- urakkamuodon prosessikaavio asuinrakennukselle (NCC:n toimintajärjestelmä 2017).

1.4 Työn rakenne

Luku 2 sisältää tutkimustyön kirjallisuuskatsauksen, jonka pääpaino on perehtyä tutkimusongelmaa käsitteleviin alan tieteellisiin julkaisuihin ja aikaisempiin tutkimuksiin. Kirjallisuuskatsauksessa perehdytään monipuolisesti aiheeseen ja pyritään löytämään tutkimuksen kannalta oleelliset hypoteesit, analyyttinen viitekehys sekä tutkimukseen parhaiten soveltuvat tutkimusmenetelmät.

Luvussa 3 kuvataan tutkimuksen rakenne sekä kirjallisuuskatsaukseen pohjautuvat tutkimuksessa sovellettavat tutkimusmenetelmät, hypoteesit ja analyyttinen viitekehys. Luvussa esitetään myös tilaajayrityksen nykytilan kartoituksessa käytetyt menetelmät ja tutkimusmateriaalit sekä kuvataan puitteet tutkimustyön testausosuuden suorittamiselle.

Luvussa 4 tutustutaan työn tilaajayrityksen nykytilaan yrityksen sisäisen materiaalin sekä haastatteluiden avulla. Luvussa määritellään tilaajayrityksen toimintajärjestelmän mukaisesti tällä hetkellä käytössä oleva asuinkerrostalon rakennusprosessin tuotantovaihe KVR- hankkeissa, jota käytetään uuden prosessikuvauksen pohjana. Luvussa luodaan katsaus myös tuotantovaiheen keskeisimpiin, prosessinhallintaa tukeviin ja käytössä oleviin työkaluihin ja toimintatapoihin sekä tarkastellaan niiden uusia soveltamismahdollisuuksia kestävää rakentamista tukevina työkaluina. Luvun lopuksi nykytilan kartoitukseen ja kirjallisuuskatsaukseen pohjautuen listataan asiat, jotka tulisi ottaa huomioon uutta prosessikuvausta laadittaessa.

Luvussa 5 kuvataan tutkimustyön testauksen toteutus, testauksen onnistuminen sekä esitetään testauksen tulokset. Tutkimuksen testaus pitää sisällään case- työmaan tapaustutkimuksen sekä käytännön sovelluksen tapaustutkimuskohteessa. Tapaustutkimuksen ja testauksen yhteenvetona täydennetään luvun lopuksi tutkimuksen tulosta testauksen aikana saatujen tulosten avulla.

Luvussa 6 esitetään työn tulokset. Työn tulos koostuu laaditusta prosessikuvauksesta, sekä työn aikana täydentyneestä taulukosta, johon on kerätty mahdollisuudet ja haasteet rakennettaessa ympäristöluokiteltuja asuinkerrostaloja. Prosessikuvaus vastaa ensimmäiseen tutkimuskysymykseen ja taulukko vastaa toiseen tutkimuskysymykseen.

Luvussa 7 esitetään tutkimustyön tulosten pohjalta tehtävät johtopäätökset sekä pohdinta. Tutkimuksen tuloksia verrataan aikaisempiin tutkimuksiin ja tulosten pohjalta tuodaan esille keskeisimmät tutkimuksen aikana esiin nousseille kehitysalueille konkreettiset toimenpide- ehdotukset. Luvussa esitetään myös ehdotuksia jatkotutkimustarpeista jatkokehityksen kannalta.

2 Kirjallisuuskatsaus

2.1 Rakennusprosessi

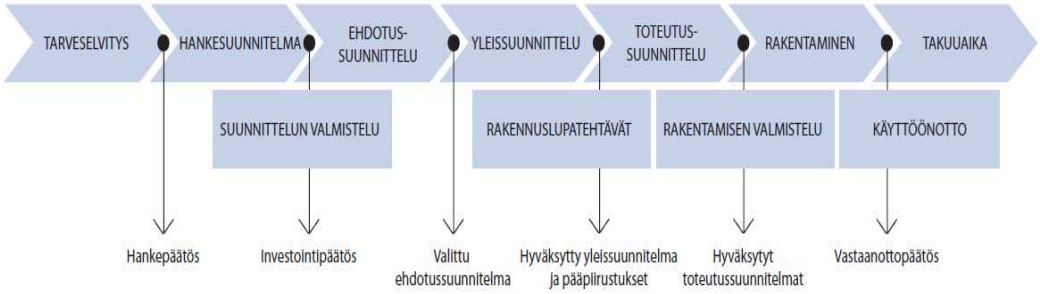
Tutkimusongelman kannalta on olennaista tuntea tavanomainen talonrakennusprosessi ja sen rakenteeseen vaikuttavat asiat. Tutkimuksen konkreettisena tavoitteena on laatia prosessikuvaus ympäristöluokitellun asuinrakennuksen rakennusprosessin tuotantovaiheeseen, jonka tulisi mahdollisimman hyvin integroitua totuttuihin jo olemassa oleviin prosesseihin ja toimintamalleihin.

Prosessiajattelun ja prosesseihin liittyvää kehitystä on ollut rakennusalalla jo 1970- luvulta asti. Lahdenperän (1995) mukaan rakennusprosessi käsittää kaikki ne toiminnot ja tehtävät, jotka tarvitaan rakennuksen aikaansaamiseksi ja ylläpitämiseksi ensimmäisestä aloitteesta rakennuksen purkamiseen asti. Koskelan (1992) näkemyksen mukaan perinteinen lähestymistapa rakennusprosessiin on ymmärtää se *konversiomallina*, jossa prosessi koostuu osaprosesseista tai toiminnoista, joiden tavoite on tietty tuotos tai tulos.

Rakennusliikkeiden liiketoiminta on projektiliiketoimintaa, jossa rakennusliike toteuttaa projektin toimeksiantona tietylle asiakkaalle tai tietyille markkinoille (Davenport 1993, s.5). Projektitoiminnan lähtökohtana on suunnitelmallisuus, sillä yksikään rakennusprojekti ei ole samanlainen; rakennusprojektille on ominaista sen kertaluonteisuus, jossa projektit ja lopputuotteet ovat yksilöllisiä ja tuotantoympäristö sekä hankeorganisaatiot vaihtelevat (esim. Koivu 2002,s.13; Blayse & Manley 2004). Uusien kehitysideoiden toteutumisesta rakennusalalla voidaankin varmistua panostamalla niiden muunneltavuuteen ja joustavuuteen, mikä pätee myös prosessien kehityksessä (Harty 2010).

Rakennustoiminta koostuu erilaisista prosesseista, jolloin yksittäisenkin rakennusprojektin läpivienti tavoitteiden mukaisesti edellyttää lopputuotteen suunnitteluun ja toteutukseen liittyvien prosessien (ydinprosessien) määrittelyä ja tunnistamista. Yksittäisen rakennusprojektin ydinprosesseja ovat tuotesuunnittelun, tuotannon ohjauksen ja rakentamisen toteutusprosessit kuten kantavien rakenteiden mitoitus ja suunnittelu, aikataulun laadinta tai rungon asennusprosessi. Rakennusprojektitoiminnan prosessit liittyvät tilaajan, suunnittelijan tai urakoitsijan liiketoimintaprosesseihin. (Kankainen & Junnonen 2000, 23- 24.)

Rakennushankkeen osittelu on johtamisen ja prosessihallinnan työkalu. Rakennusalalla on totuttu osittelemaan rakennushanke niin sanotulla vaiheittaisella osittelumenetelmällä, joka perustuu rakennusprojektien eri vaiheiden ajalliseen sijoittumiseen. Talonrakennushankkeen vaiheet ovat *tarveselvitys, hankesuunnitelma, ehdotussuunnittelu, yleissuunnittelu, toteutussuunnittelu, rakentamisen valmistelu, rakentaminen, käyttöönotto* ja *takuuaika*. Talorakennushankkeen vaiheet vaiheittaisen osittelun periaatteella on esitetty kuvassa 2. (RT 10-11224 2016, s.1-3.)



Kuva 2. Talonrakennushankkeen vaiheet (RT 10- 11224)

Rakennushankkeet osittelumenetelmiin kuuluu myös tehtäviin ja työlajeihin osittelu, joka tukee paremmin prosessijohtamisen mukaisen ajattelun periaatteita ja hankkeen jakamista ydinprosesseihin. Prosessijohtamista käsitellään lisää tämän työn osalta seuraavassa kappaleessa *2.1.1 Prosessijohtaminen*. Tehtäviin ja työlajeihin osittelu korostaa eri tehtävien työn sisällön ja vastuiden kuvaamista. (RT 10-11224 2016, s.3.) Hankkeen tehtäviin ja työlajeihin osittelu mahdollistaa yksittäisen tehtävän osalta asettamaan tehtävään osallistuvien osapuolien kesken selvät tavoitteet, joita on helppo seurata tehtävän edetessä ja todentaa tehtävän lopussa. Vaiheittainen osittelu lisää tehtävien läpinäkyvyyttä prosessin eri vaiheissa eri osapuolille. Haasteena kyseiselle osittelumenetelmälle koetaan eri tehtävien välisten rajapintojen hahmottamisen vaikeus. (RT 10-11224 2016, s.3.) Tehtävien ja työlajien rajapintojen erottaminen on tärkeää esimerkiksi sopimushankintojen näkökulmasta. Kestävän rakentamisen mukaiset yleistävät tavoitteet koskevat kuitenkin kaikkia osapuolia eri tehtävien rajapinnoista välittämättä.

Rakennusprosessien kehittäminen on painottunut teknisten ratkaisujen tai apuvälineiden kehittämiseen. Toinen selkeä painopiste rakennusprosessien kehittämisessä on ollut uusien vastuujaottelutapojen tai hankeen toteutusmuotojen löytämisessä, selkeämpien osapuolien välisten vastuunjakojen mukaan. (Koivu 2002, s. 31.) Ympäristöluokitusten mukainen kestävä rakentaminen vaatii rakennusprosessin eri vaiheisiin uusia yhteistyön ja verkottumisen muotoja sekä toteutusmuotoja. Kestävä rakentaminen vaikuttaa koko rakennusprosessiin aina raaka- aineen hankinnasta rakennuksen purkamiseen asti ja tästä syystä toteutusmuodoksi parhaiten soveltuviksi nähdään prosessit, joissa urakoitsija kantaa kokonaisvaltaista vastuuta. (Häkkinen 2011, s.21.) Suunnittelun sisältäviä urakkamuotoja tunnetaan olevan suunnittele- ja rakenna- urakkamuodot sekä kokonaisvastuu- urakkamuodot (RT 10-11228 2016, S.2). Parhaiten elinkaariajattelua tukisi mahdollinen Design- Built-Operate- Maintain- toteutusmuodon malli (Häkkinen 2011, s.21).

2.1.1 Prosessijohtaminen

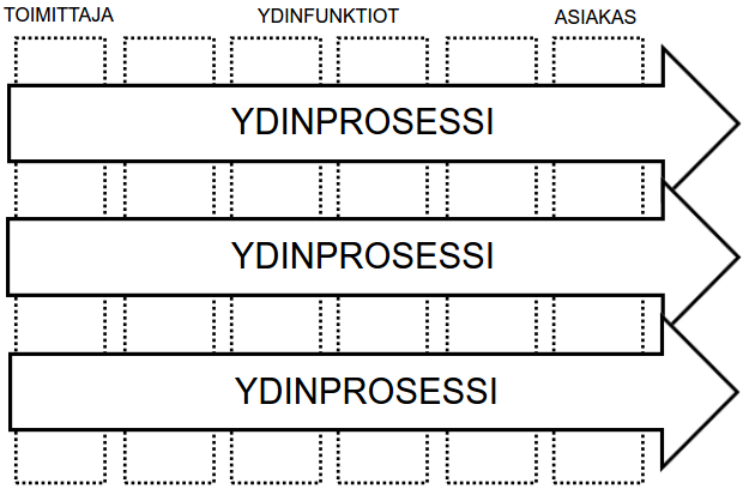
Rakennusprosessin hallittavuuteen ja johdettavuuteen voidaan vaikuttaa eri lähestymistavoilla ja tämän tutkimuksen lähestymistavaksi on valittu prosessijohtaminen. Prosessijohtamisesta on hyviä kokemuksia rakennusalalta ja sen on todettu toimivan sekä suurissa että pienissä prosesseissa (Dave 2016). Prosessijohtaminen korostaa myös prosessikuvauksen merkitystä, joka luo perusteita sen soveltamiselle tässä tutkimuksessa. Prosessin kehittämisessä ja muuttamisessa lähestymistavaksi on valittu Thomas H. Davenportin (1993) esittämä prosessin parantaminen, joka perustuu muutostarpeen tunnistamiseen ja siihen perustuvaan kehittämiseen. Muita lähestymistapoja prosessin parantamiseen ja muuttamiseen ovat muun muassa Davenportin (1993) esittämä prosessi- innovaatio, Koivun (2002) esittämä toimintamalli rakennusprosessin parantamiseksi sekä ISO 9004:2000 standardiin pohjautuva prosessin kehittäminen.

Prosessiajattelun merkitys on tiedostettu länsimaissa kunnolla vasta 1990- luvulla, mikä on näkynyt muun muassa laatujohtamisen kehittymisenä rakentamisessa sekä muilla teollisuuden aloilla (Koivu 2002, s. 12). Monet suuret yritykset ovat uudistaneet perinteisiä toimintamallejaan *prosessijohtamisen* avulla ja eräs suomalaisista prosessiajattelun edelläkävijöistä ja kansainvälistymisessäkin hyvin onnistuneista yrityksistä on ollut KONE Oy (Hannus 2000, s.32). Prosessijohtamisessa on kyse prosessilähtöisen toiminnan uudistamisesta, joka vaatii yrityksen koko toimintatapaa koskevaa merkittävää uudelleen ajattelua (Dave 2015; Hannus 2000, s.16).

Davenport (1993) näkee prosessin rakenteellisena joukkona mitattavissa olevia tehtäviä, jotka on suunniteltu tuottamaan tietty lopputulos. Jouko Hannus (2000) korostaa prosessien osiin pilkkomisen merkitystä, mikä luo perustan prosessinhallinnalle ja mahdolliselle uudistamiselle. Rakentamisessa toimintojen pilkkominen osiin on prosessien organisoinnin ja johtamisen perusta (esim. Mesimäki ym. 2015).

Liiketoimintaprosessi (business process) on asiakaslähtöinen ja asiakasnäkökulmasta arvioitava prosessi. Liiketoimintaprosessi on jaettavissa pienempiin, koko prosessin läpileikkaaviin osiin, *ydinprosesseihin.* Liiketoimintaprosessin kuvauksessa erillisiksi ydinprosesseiksi voidaan karkeasti erottaa johtamistoiminnot, varsinaiset suorittavat toiminnot sekä prosessin ja käyttämien resurssien (osaaminen, tietovarasto, materiaalit ja välineet) kehittämistoiminnot. Ydinprosessit muodostuvat useista yksittäisistä toisiinsa liittyvistä toiminnoista ja tehtävistä, *aliprosesseista*. (Hannus 2000, s. 41- 50.)

Liiketoiminnassa ydinprosessien kuvaaminen karkeammalla tasolla esitetään yleensä prosessikartan avulla (esim. Hannus 2000, s.43- 44). Prosessikartan yksinkertaisen graafisen esityksen tueksi laaditaan yleensä projektikäsikirja, jossa yrityksen ja sidosryhmien ydinfunktiot on kuvattu kattavammin (Aho 2014). Kuvassa 3 nähdään prosessikartan periaate, jossa ydinprosessien ja ydinfunktioiden rajapinnat on helposti tunnistettavissa. Prosessikartta on tärkeä työväline prosessin hallittavuuden kannalta ja toimintaa uudistettaessa.



Kuva 3. Prosessikartan periaate (Hannus 2000, s. 44).

Prosessijohtamisessa yrityksen toiminnan ja ohjauksen lähtökohtana ovat toimintaa läpileikkaavien ydinprosessien ja niiden suoritusmittareiden tunnistaminen. Ydinprosessit ovat avainsidosryhmien toimintaa läpileikkaavia toimintoketjuja, jotka voidaan nähdä joko suoraan asiakkaalle arvoa tuottavina tai liiketoimintaa tukevina ydinprosesseina.

Ydinprosessit leikkaavat yrityksen eri yksiköitä ja ulottuvat oman yrityksen ulkopuolelle ja kullekin ydinprosessille on olemassa prosessin läpiviennistä vastaava tietty henkilö, *prosessin omistaja*. Prosessijohtamisen ydinprosesseihin perustuva ajattelu poikkeaa prosessin rakenteelta perinteikkäästä funktionaalisesta johtamisesta, missä ongelmia aiheuttaa funktionaalinen työnjako eli samaa toimenkuvaa toteuttavat henkilöt sijoitetaan samaan organisaatioyksikköön. Jouko Hannus (2000) luettelee kirjassaan *Prosessijohtaminen* prosessijohtamisen erityispiirteitä, joita ovat:

- yllätyksellisyyden ja nopeasti muutoksiin reagoiva,
- kyvykkyyteen ja resursseihin perustuva,
- ydinprosesseihin keskittyvä,
- asiakaslähtöinen ajattelu,
- tiimiorganisaatioiden hyödyntäminen. (Hannus 2000, s.27- 41.)

Davenport esittää kirjassaan *Process Innovation* (1993) kaksi erilaista tapaa prosessin kehittämiselle ja toiminnan muuttamiselle: olemassa olevaa prosessia voidaan parantaa pienillä ja nopeasti toteutettavilla muutoksilla tai koko prosessi voidaan kehittää uudelleen, jolloin puhutaan prosessi- innovaatiosta. Suuremmat prosessi- innovaatiot vaativat kuitenkin yleensä vuosia jalkautuakseen ja toimimaan osana muuta toimintaa. Prosessin muutosta haettaessa yrityksen tulee tunnistaa muutostarve näiden kahden vaihtoehdon väliltä. (Davenport 1993, s.10- 12.)

Yrityksen prosesseja muutettaessa ja parannettaessa, muutos aloitetaan alhaalta työntekijäportaasta ja edetään ylöspäin (Davenport 1993, s.12; Hannus 2000, s.32). Toiminnan parantamisessa vaaditaan usein kuitenkin työkulttuurin muutosta operatiivisessa toiminnassa, tulosten mittaamisessa sekä työntekijöiden valtuuttamisessa (Davenport 1993, s. 12-13). Toiminnan parantamisessa voidaan saada aikaan tuloksia jo jopa muutaman kuukauden aikana, mutta rakennusalan perinteisten toimintatapojen muutokset hyvin uudistusvastaisella alalla tuovat lisähaasteen parannuksia ajettaessa itse toimintaan (Davenport 1993, s.10; Koivu 2002, s.13).

2.1.2 Lean- rakentaminen

Lean tuotantofilosofia on ympäri maailmaa omaksuttu ja edustaa tämän hetkisen kehityksen suuntaa myös rakennusalalla. Laadittavassa prosessikaaviossa tulee ottaa kestävän rakentamisen lisäksi myös tuotantotehokkuuden näkökulma huomioon. Tutkimuksen tuloksen kannalta on olennaista tunnistaa Lean tuotantofilosofiaan pohjautuvat, jo olemassa olevat ja kestävää rakentamista tukevat työkalut, joiden avulla prosessikuvauksesta saadaan konkreettisempi.

Lean- ajattelu pohjautuu Toyotan kehittämään tuotantofilosofiaan, joka keskittyy tuotannon tehon maksimoimiseen sekä minimoimaan tuotannosta syntyvää hukkaa (Howell 2009.) Gao ja Low (2014) käsittelevät kirjassaan *Lean Construction Management – The Toyota Way* Lean- teorian hyödyntämistä Kiinan rakennusteollisuuden kehittämisessä. Shang ja Low kiteyttävät Kiinan rakennusteollisuuden ongelmien koostuvat heikosta rakentamisen laadusta, matalasta työtehosta, budjetin ylittävistä rakentamiskustannuksista sekä suuresta hukan määrästä. Toyota- tuotantofilosofian kehittämillä tekniikoilla ja tuotantomenetelmillä on nähty olevan hyviä vaikutuksia Kiinan rakennusteollisuuden kehittämisessä ja tästä syystä Lean- konsepti on yleistynyt teema rakennusalalla (Gao & Low 2014, v; Gao & Huang 2011; Li ym. 2017). Rakennusteollisuuden ongelmien lainalaisuudet ovat samoja kaikkialla maailmassa ja rakennusprosesseja kehitettäessä on vaikea olla törmäämättä Lean- tuotantofilosofian toimintamalleihin.

Lean- tuotantofilosofian ja kestävän rakentamisen päämäärät ovat osittain samoja. Yhteisiä painopisteitä ovat tuotannon hukkien vähentäminen, ympäristöjohtaminen, tuotteen arvon maksimoiminen sekä terveyden ja turvallisuuden parantaminen (Ogunbiyi ym. 2014). Oginbiyi ym. (2014) tutkivat Lean- rakentamisen käytäntöjen ja tekniikoiden hyödyntämistä kestävän rakentamisen edistämisessä Iso- Britanniassa. Kestävän rakentamisen tavoitteet tulee ottaa tuotantofilosofian näkökulmasta huomioon, mikä luo haasteita kehityslinjojen yhteensovittamiselle. Ogynbiyi ym. (2014) kiinnittävät huomiota siihen miten Lean- menetelmillä voidaan vaikuttaa kestävän rakentamisen asettamiin haasteisiin, joita ovat muun muassa prosessin jatkuvuuden parantaminen, hukan vähentäminen, käyttäjälähtöisyyteen keskittyminen sekä kommunikoinnin parantaminen. Tutkimuksen mukaan Lean- ja kestävän rakentamisen menetelmien integroituminen rakennusprosessiin on realisoitunut parantuneena yrityksen imagona ja kilpailuetuna. Lisäksi parannusta havaittiin prosessin läpiviennissä sekä tuottavuudessa, parantuneena ympäristön laatuna sekä asiakasnäkökulman esiin tulona. Tutkimuksen mukaan eniten Lean- menetelmistä ja –tekniikoista kestävää rakentamista palveli Just-In-Time-menetelmä[1], visuaaliset työkalut sekä yhteiset päivittäiset tuotantopalaverit. (Ogunbiyi ym. 2014.)

Kestävän rakentamisen ja Lean- työkalujen yhteensovittamista tutkivat Nesteby ym. (2016) keskittyen Lean- työkaluna tunnetun Last Planner System (LPS)- menetelmän[2] hyödyntämiseen BREEAM NOR- ympäristöluokitusta[3] hakevissa rakennuskohteissa. Nesteby ym. (2016) näkivät ympäristöluokitusten toteutumisen kannalta ongelmana sen, että luokituksen hakemisesta rakennuksen käyttöönottoon tapahtuvaa prosessia ei nähdä yhdenmukaisena vaan esimerkiksi BREEAM- luokituksessa keskitytään helposti ainoastaan rakennusprosessin suunnittelu- sekä käyttöönottovaiheisiin ja rakentamisvaihe jää pienemmälle huomiolle. Rakentamisvaihetta tarkasteltaessa esiin nousi ongelmia, jotka johtuivat pääasiassa ympäristöluokitusten sekä Lean- rakentamisen heikosta tuntemisesta työmaan työntekijöiden osalta. Näkemykset vaihtelivat työnjohtajien ja työntekijöiden väleillä, mistä johtuen työnjohtajien suhtautuminen uusia menetelmiä ja työkaluja kohtaan oli positiivisempaa kuin työntekijöiden. LPS nähtiin auttavat tutkituissa rakennuskohteissa BREEAM NOR- luokituksen asettamien korkeiden laatuvaatimusten saavuttamisessa kustannus- ja aikataulutehokkaasti. LPS:n tueksi artikkelissa mainitaan visualisoinnin hyödyntäminen työmaalla päivittäisessä tekemisessä, mikä parantaa kommunikointia eri osapuolien kesken sekä vähentää mahdollisia väärinkäsityksiä. BREEAM NOR- ympäristöluokituksen ja LPS:n hyödyntäminen samassa rakennuskohteessa nähdäänkin olevan askel eteenpäin kestävän rakentamisen markkina- arvon parantamisen sekä asiakkaille tuotettavan arvon nostamisen suhteen. (Nesteby ym. 2016.)

[1] Just-In-Time (JIT) – menetelmä on suunniteltu alun perin kaupan ja teollisuuden varastonhallinta- ja tuotantostrategiaksi. JIT- ajattelun lähtökohta on toimittaa vain ja ainoastaan tarvittava raaka- aine oikeaan paikkaan vasta kun niitä tarvitaan ja sen verran kuin tarvitaan (Gofore 2014.)

[2] Last Planner System on tuotannon ohjaukseen kehitetty aikataulusuunnittelutyökalu, joka tähtää tehtäväkohtaiseen ja viikkotarkkaan aikataulutehokkaaseen läpivientiin.

[3] BREEAM NOR on alkuperäisen BREEAM- ympäristöluokituksen, Norjan käyttöön kansallistettu ympäristöluokitus rakennuksille (BREEAM 2017.) Ympäristöluokituksia käsitellään enemmän tämän tutkimuksen kohdassa *3.3 Ympäristöluokitukset rakennuksille*.

2.1.3 Visuaalinen johtaminen

Visuaalinen johtaminen tukee tutkimuksessa laadittavan prosessikuvauksen käyttöä ja hyötyä, sillä prosessikuvauksen laatimisessa otetaan huomioon sen soveltuminen visuaaliseen käyttöön. Visuaalisia työkaluja käytetään rakennustyömailla jatkuvasti ja niillä on suuri merkitys tuotantovaiheen tiedon välittämisessä ja prosessien hallinnassa. Ympäristöluokitusten mukaisten vaatimusten toteuttamisessa visuaalinen johtaminen tarjoaa työmaaympäristöön valmiita työkaluja, joiden käytön tehostaminen ja soveltuvuuden tehostaminen tarjoaa keinoja prosessien hallinnalle.

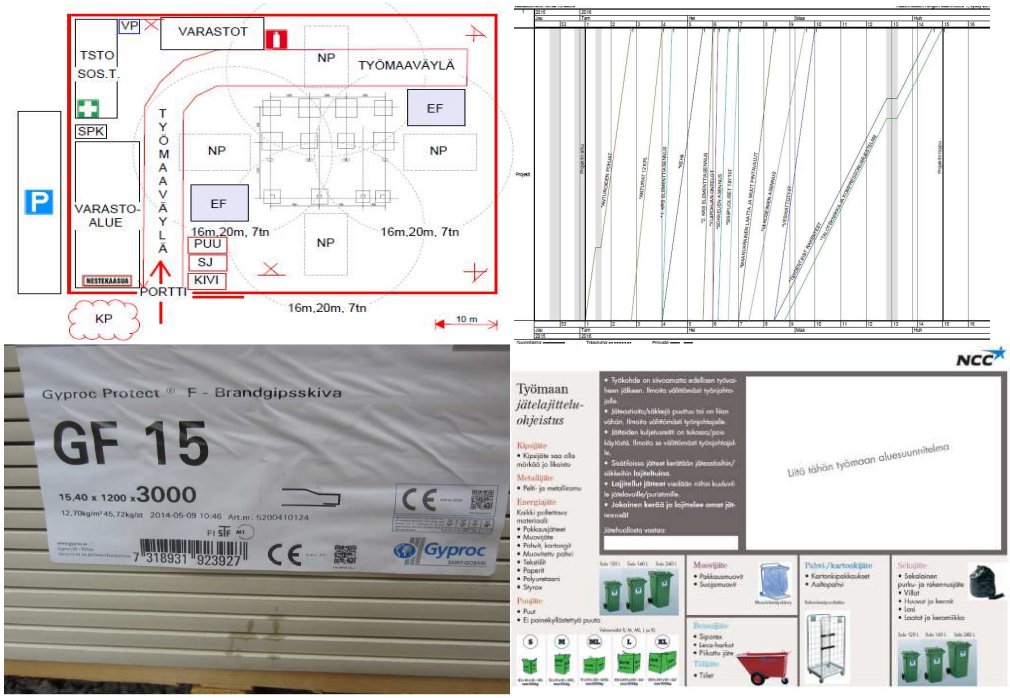
Visuaalisuutta hyödynnetään kaikkialla. Kartta on hyvä esimerkki visuaalisesta apuvälineestä, jota on mahdoton korvata toisella yhtä tehokkaalla tavalla jakaa informaatiota kuin visuaalisesti kartan avulla. Visuaalinen johtaminen ja visuaalisuuden soveltaminen realisoituu *visuaalisessa työpaikassa*. Visuaalisen työpaikan voi mieltää moottoritienä, jossa kaikki informaatio on esitetty liikennemerkein ja tien pintaan maalatuin merkein. Visuaalinen työpaikka hallinnoi itse itseään ja tarjoaa tarvittavat vastaukset vaaditun lopputuloksen saavuttamiseksi kenelle vain ja milloin vain. (Galsworth 2011, s. 14- 15.) Visuaalinen johtaminen on yksi Lean tuotantofilosofian keskeisimmistä työkaluista. Visuaalisella johtamisella pyritään tuotantoprosessista ilmentämään hukka, ongelmat sekä poikkeukselliset olosuhteen työntekijöille ja johdolle, jotta ne voidaan tuotannon tehostamiseksi kitkeä pois. Visuaalisen johtamisen tehokkuuden ja toimivuuden taustalla on olettamus että ihmiset, koulutustaustastaan ja äidinkielestään huolimatta, ymmärtävät ja omaksuvat parhaiten sen minkä näkevät. (Gao & Low 2014, s.66; Tezel ym. 2010.)

Visuaalisten apuvälineiden ja sovellusten hyödyntäminen on ihmisille luontaista. Ennen yhdenkään kielen kehittymistä ihmiset kommunikoivat symboleilla sekä piirustuksilla, jolloin käytössä oli visuaalinen kieli. Zhang (2012) tutkii artikkelissaan visuaalisen kielen hyödyntämistä johtamisen työkaluna ja näkeekin sen suurimman hyödyn olevan juuri monimutkaisen tiedon välittämisessä eri osapuolille. Martin ja Sabrina (2013) taas näkevät visuaalisen johtamisen potentiaalin eri osapuolien välisen yhteistyön parantavana työkaluna: visuaalinen johtaminen mahdollistaa tehokkaan ja saumattoman yhteistyön eri osapuolien väleillä, minkä merkitys on jopa hyvää kommunikointitapaa suurempi.

Lean tuotantofilosofia alleviivaa visuaalisen johtamisen tärkeyttä tuotantoprosessien aikana. Hyvä esimerkki visuaalisen johtamisen soveltamisesta Lean tuotantofilosofian syntysijoilta Toyotan autotehtailta on eri tuotantolinjojen merkitseminen eri värein, mikä parantaa tuotantolinjojen kontrollointia. Värien ja visuaalisten signaalien käyttäminen tuotannon kontrollointiin on tehokasta ja yksinkertaiset visuaaliset sovellukset eivät yleensä ole kovin suuri rahallinen satsaus. (Tezel ym. 2010.)

Visuaalinen johtaminen työkaluna ei ole vielä kovin hyvin tunnettu rakennusalalla, mutta visualisoinnin tärkeys alalla on kuitenkin tunnistettu (Tjell & Bosch-Sijtsema 2015). Rakennustyömailla Suomessa hyödynnetään jo paljon visualisointia, mutta varsinaisesta visuaalisesta johtamisesta ei voida kuitenkaan vielä puhua (Koistinen & Koskenvesa 2014). Visuaalinen johtaminen on intuitiivinen käytäntö, jonka tapaisia sovelluksia on ollut jo pitkään tehokkaassa käytössä rakennustyömailla ja rakennusten eri tuotannonjohtoalueilla niiden tavanomaisten työkalujen muodossa (Tezel ym. 2010). Käytössä olevissa visuaalisissa käytännöissä on kuitenkin paljon eroja jo eri työmaidenkin/projektien väleillä (Koistinen & Koskenvesa 2014).

Kuvassa 4 on esitetty esimerkkejä hyväksi havaituista käytännöistä visualisoinnista työmailla, joita ovat muun muassa tuotannonsuunnitelmien laadinta visuaaliseen muotoon, siisteyden ja järjestyksen ylläpito työmaalla, kulkureittien merkitseminen sekä aikataulujen esittäminen (Koistinen & Koskenvesa 2014). Visuaalisuuden hyödyntäminen yhdistetään työmaatoiminnoissa usein myös materiaaliohjaukseen sekä työturvallisuuden toteutukseen (Tezel 2010).



Kuva 4.Visuaalisuus näkyy työmaalla muun muassa aluesuunnitelmana, aikatauluina, rakennusmateriaalien tuote-etiketteinä sekä työohjeina.

Visuaalisuuteen panostaminen luo esimerkiksi tuotannonsuunnitelmien käytölle uusia ulottuvuuksia. Työmaatoimintojen digitalisoituminen tukee visuaalista johtamista työmailla, josta hyvä esimerkki on digitaalinen perehdytys. Rakennustyömaalla suoritetaan työmaan pääurakoitsijan toimesta kaikille työmaan työntekijöille perehdytys[4], jossa työntekijät opastetaan rakennustyön turvalliseen ja laadulliseen toteutukseen työmaakohtaisesti (VNA 205/2009 3§). Digitaalisessa perehdytyksessä perehdytysaineisto on laadittu sähköiseen muotoon ja käännetty kullekin työtekijälle hänen omalle äidinkielelleen. Sähköisellä perehdytysaineistolla voidaan esittää vaivattomasti myös visuaaliseen muotoon laadittua aineistoa koskien työmaan työturvallisuutta ja tuotantoteknisiä asioita, mikä parantaa huomattavasti perehdytysaineiston tehokkuutta ja omaksumista.

Rakennustyömaalla visuaalisuus parantaa prosessin läpinäkyvyyttä sekä työntekijöille että ulkopuolisille. Visuaalinen johtaminen tarjoaa rakennustyömaalle helposti ymmärrettävän työympäristön (visuaalinen työpaikka) sekä työntekijöille että johdollekin. Rakennusalalla visuaalisuuden tärkeys tiedon välittämisessä ja omaksumisessa korostuu, sillä työmaalla eri toimijat saattavat olla hyvin erilaiset koulutustaustat omaavia sekä eri

[4] ”Päätoteuttajan on huolehdittava perehdyttämällä ja opastamalla siitä, että kaikilla yhteisen rakennustyömaan työntekijöillä on riittävät tiedot turvallisesta työskentelystä ja että he tuntevat kyseessä olevan rakennustyömaan vaara- ja haittatekijät sekä niiden poistamiseen tarvittavat toimenpiteet.” (VNA 205/2009 3§).

äidinkieltä puhuvia. (Tezel ym. 2010.) Visuaalisuudella saadaan rakennustyömaalla kielimuureja madallettua, mikä helpottaa rakennusprosessin hallintaa työnjohdon näkökulmasta (Koistinen & Koskenvesa 2014). Selvä etu visuaalisten käytäntöjen hyödyntämisessä on yksinkertaisuus ja edullisuus, jotka ovat ilmeisimmät syyt visuaalisuuden lisääntyvälle hyödyntämiselle rakennustyömailla (Tezel ym. 2010). Tärkeää visuaalisessa tiedonvälityksessä on keskittyä vain lopputuloksen kannalta tarpeellisen tiedon ja juuri oikeiden vastausten välittämiseen, sillä liian suuresta tiedon määrästä on vaikeaa erottaa niin sanottua kriittistä polkua (Galsworth 2011, s.14; Koistinen & Koskenvesa 2014, s.140).

Rakennusprosessin aikana visuaalisuutta hyödynnetään rakennustyömaiden lisäksi myös suunnitteluvaiheessa muun muassa 3D- mallinnuksen sekä visuaalisen suunnittelun avulla (Tjell & Bosch-Sijtsema 2015). Tjell ja Bosch-Sijtsema (2015) näkevät visuaalisen johtamisen välttämättömänä työkaluna jos halutaan menestyä suunnitteluprosessissa, jonka lainalaisuudet ovat samoja tuotantovaiheen kanssa. Suunnitteluprosessi on rakennusprosessin tuotantovaiheen tapaan monimutkainen prosessi, johon osallistuu rakentamisen eri toimialojen edustajia ja jossa rikotaan organisaatioiden rajoja. Visuaalisella johtamisella on huomattu olevan suunnitteluprosessin aikana vaikutusta suunnitteluryhmän eri osapuolien aktiivisempaan osallistumiseen sekä sopivan työskentelyympäristön luomiseen. Visuaalinen johtaminen toimi tehokkaana tiedon välityksen työkaluna muuttuvissa olosuhteissa eri osapuolten välillä, mutta sitä ei nähdä korvaavan täysin johtamista prosessin aikana. (Tjell & Bosch-Sijtsema 2015.)

2.2 Kestävä rakentaminen

Ympäristöluokitukset perustuvat kestävän rakentamisen vaatimuksiin ja kehitykseen. Tutkimusongelman kannalta on olennaista selvittää kestävän rakentamisen asettamat vaatimukset rakennusprosessille jos halutaan selvittää yleisellä tasolla ympäristöluokitusten asettamia vaatimuksia. Ympäristöluokitusten toteuttamisen kannalta on olennaista ymmärtää kestävän rakentamisen kaikki näkökulmat ja periaatteet, joiden tulee näkyä rakennusprosessissa hyvän lopputuotteen aikaansaamiseksi.

Kestävän rakentamisen ydinteemoiksi voidaan nostaa taloudellisuus, sosiaalisuus ja tekniset ratkaisut (Edelman 2013). Kestävä rakentaminen konkretisoituu ekotehokkaana rakentamisena, jossa on otettu rakennuksen ympäristövaikutukset huomioon koko sen elinkaaren ajalta (esim. Karhu 2015). Kestävällä rakentamisella tähdätään energiasäästöihin valtakunnallisella tasolla. Rakennusala nähdäänkin koko kestävän kehityksen suunnan näyttäjänä, sillä rakennusteollisuudella voidaan vaikuttaa muun muassa veden käyttöön, maankäyttöön, kasvihuonekaasupäästöihin sekä muodostuviin asuntoyhteisöihin (Opoku & Ahmed 2014). Rakennusteollisuuden (RT ry) mukaan rakentamisen ja rakennusten ylläpidon energian loppukäytön osuus valtakunnallisella tasolla on 42 % ja vastaavasti osuus kasvihuonepäästöjen tuottamisesta 38 %.

Kestävästä rakentamisesta on paljon hyviä esimerkkejä jo Suomessakin, mutta kehittyneimmissä maissa kestävä rakentaminen on jo kehittynyt paljon kokonaisvaltaisempaan suuntaan. Hyvä esimerkki tästä on Saksan Hampurissa rakenteilla oleva Euroopan suurin kokonaista kaupunginosaa koskeva kehitysprojekti Hafencity, joka toteutetaan kestävän rakentamisen vaatimusten mukaisesti. Kaupunginosa toteutetaan 157 ha:n kokoiselle vanhalle satama- alueelle, johon on tavoitteena rakentaa asuntoja 12 000 asukkaalle ja sijoittaa 45 000 työpaikkaa. Kehitysprojektille on luotu oma sertifikaatti ”Eco label”, jonka kategoriat ovat *energian käyttö, kestävä julkisten tilojen ja varojen käyttö, ympäristöystävälliset materiaalit, huomio ympäristöön, viihtyvyyteen ja terveellisyyteen*

sekä *kestävä kiinteistönhallinta*. Alueen energiasta 92% on toteutettu uusiutuvilla energianvaroilla. (GBCF 2017, Hafencity Hamburg nettisivusto 2017.)

Kestävän rakentamisen vaatimukset luovat muutospaineita perinteisellä ja rutiineihinsa tottuneella rakennusalalla. Kestävän rakentamisen edistyminen ja käyttöönotto edellyttävät rakennusprosessin uudistamista sekä vanhojen ja hyväksi todettujen toimintatapojen uudelleen tarkastelua ja kehittämistä (Mesimäki ym. 2015). Kestävä rakentaminen on moninainen konsepti ja alan laaja- alaisen kehityksen edellytyksenä onkin kaikkien osapuolien toimesta tunnistaa ja ymmärtää kestävän kehityksen vaikutusmahdollisuudet. Haaste kestävän rakentamisen edistymiselle rakennusalalla on sekä asukkaiden tietämättömyys kestävän rakentamisen hyödyistä että rakennusyritysten eri osapuolien tietämättömyys kestävän rakentamisen moninaisuudesta aina yrityksen ylintä johtoa myöten. (Opoku & Ahmed 2014, Häkkinen 2011, Haapio 2008.) Kestävässä rakentamisessa yhdistyvät kestävän kehityksen tapaan sosiaalinen, taloudellinen sekä ekologinen näkökulma, mutta usein kestävä rakentaminen ymmärretään vain ympäristöystävällisyyttä edistävänä käsitteenä, mikä saa aikaan helposti vain ekologisuuden kehittymisen muiden osa- alueiden kustannuksella (esim. Ortiz ym. 2008).

2.2.1 Taustavaikuttajat

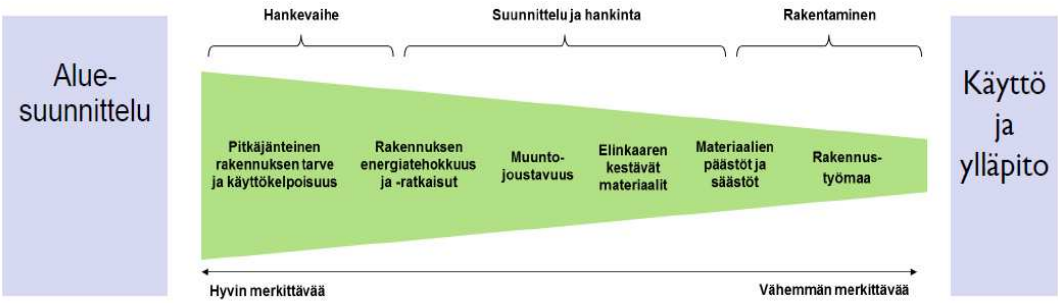
Suomi on sitoutunut noudattamaan Euroopan energiatehokkuusdirektiiviä, joka ohjaa kaiken uudisrakentamisen lähelle nollaenergiatasoa vuoteen 2020 mennessä (esim. Karhu 2015). Suomessa rakentamiselle on säädetty standardiluonteinen minimitaso maankäyttö- ja rakennuslaissa sekä – asetuksessa ja näitä täydentävässä rakentamismääräyskokoelmassa (Häkkinen 2011, s 12-13). Valtiolla on kestävän rakentamisen edistämiseksi rakennuslainsäädännön lisäksi myös muita ohjauskeinoja. Valtion voi myöntää esimerkiksi taloudellisia kannustimia tai verotuksellisia helpotuksia leikkaamaan rakennusten energiankulutusta. (Koeppel & Ürge- Vorsatz 2007.) Valtiojohtoisesta kestävän rakentamisen edistämisestä on hyviä kokemuksia esimerkiksi Iso- Britanniasta, jossa rakennusalaa on onnistuttu kehittämään merkittävästi kestävämpään suuntaan yhdistämällä lainsäädännöllisiä ohjauskeinoja sekä valtion tukemaa tutkimusta ja innovointia (Zhou & Lowe 2003). Lainsäädäntö on kuitenkin hidas keino edistää kestävää rakentamista, eikä se aina pysy markkinatilanteen ja uusien teknisten ratkaisujen päivittyessä perässä. Oman liiketoimintansa näkökulmasta rakentajien tulisikin seurata ja ennakoida valtion asettamaa tulevaa rakennuslainsäädäntöä varmistaakseen kilpailukykynsä tulevaisuudessa. (Häkkinen 2011, s. 12-14.)

ERA 17- toimintaohjelman tavoitteena on saada nostettua Suomi kansainvälisessä vertailussa energiaviisaiden kärkimaiden joukkoon. Energiaviisas rakentaminen on linjattu olevan energiatehokasta, vähäpäästöistä ja laadukasta rakennettua ympäristöä, jossa ilmastonmuutoksen torjunnan edellyttämät toimenpiteet on otettu käyttöön. ERA17-toimintaohjelmalla on pyritty saavuttamaan vuodelle 2020 asetetut tavoitteet rakennusten ympäristövaikutuksiin liittyen jopa etuajassa. ERA17- toimintaohjelmaa ovat vieneet eteenpäin rakennusalan eri vaikuttajat ja se on esittänyt yhteensä 31 eri toimenpideehdotusta, joiden käyttö edistäisi kestävän rakentamisen kehitystä Suomessa. (ERA17.)

Kestävän rakentamisen edistämiseksi on nähty tarpeelliseksi tiivistää yhteistyötä alan eri toimijoiden väleillä ja yhtenäistää toimintatapoja. Tästä syystä Suomeen on perustettu vuonna 2010 täysin voittoa tavoittelematon yhdistys GBC (Green Building Council) Finland. GBC Finland on yksi 92:sta kansallisesta, eri maissa toimivasta yhdistyksestä, jotka muodostavat maailmanlaajuisen World Green Bulding Council- verkoston. Yhdistyksen tavoitteena on tuoda kestävän kehityksen näkökulma luonnolliseksi osaksi kaik-

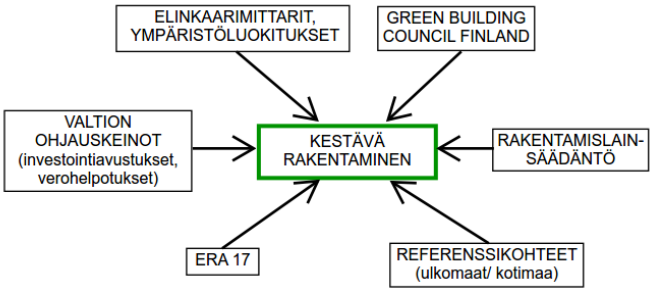
kea kiinteistö- ja rakennusalan toimintaa. Yhdistyksen tehtävänä on tuottaa ja välittää puolueetonta tietoa jäsenorganisaatioilleen päätöksenteon tueksi ja edistää uusien innovatiivisten ratkaisujen hyödyntämistä kestävässä rakentamisessa. (GBCF 2017.)

Kestävän rakentamisen yleistyessä on nähty tarpeelliseksi yhtenäistää toimintatapoja kehittämällä kestävää rakentamista tukevia mittareita ja työkaluja rakennusprosesseihin. Kehitystyön taustalla on vaikuttanut elinkaariajattelu, jossa kiinnitetään huomiota koko rakennuksen elinkaaren aikaisiin ympäristövaikutuksiin. Rakennusprosessi nähdään rakennuksen elinkaaren aikana yhtenä merkittävimpänä vaiheena vaikutettaessa sen koko elinkaaren aikaisiin ympäristövaikutuksiin. Kuvassa 5 näemme kuinka elinkaarivaikutuksiin voidaan vaikuttaa rakennusprosessin eri vaiheissa, mutta rakennuksen elinkaaren ympäristövaikutuksiin vaikutettaessa on aina tärkeä kiinnittää huomiota kokonaisuuteen. 1990- luvun alusta lähtien on kehitetty kestävää rakentamista ohjaavia kriteeripohjaisia ympäristöluokituksia, joista osa on kehittynyt kansainvälisesti käytössä oleviksi sertifiointijärjestelmiksi. (Karhu 2015.) Ympäristöluokitusjärjestelmiä käsitellään laajemmin tämän raportissa kohdassa *3.3 Ympäristöluokitusjärjestelmät*. Suomessa osana ERA 17- toimintaohjelmaa toteutettiin *Vähähiilisen kiinteistö- ja rakentamisalan ydinindikaattorit- hanke*, jonka tuloksena syntyivät *Rakennuksen elinkaarimittarit*. Mittareita on olemassa rakennuksen elinkaaren eri vaiheisiin ja niiden kriteerit on muodostettu paikalliset vaatimukset huomioiden, yhdistelemällä eri sertifiointijärjestelmien kriteereitä ja kansallisen ohjauksen asettamia vaatimuksia. Elinkaarimittareiden tarkastelunäkökulmat ovat talous, energia, ympäristö sekä kiinteistön käyttäjät, jotka seuraavat kestävän rakentamisen ydinteemoja. (Karhu 2015.)



Kuva 5. Rakennushankkeen eri vaiheilla on erisuuruinen vaikutus rakennuksen elinkaaren ympäristövaikutuksiin (Karhu 2015).

Kuvassa 6 näemme yhteenvetona Suomessa kestävään rakentamisen edistykseen vaikuttavat tekijät, joiden muutoksista ja muutoksien tuomista vaatimuksista asuntorakentajan on pysyttävä tietoisena jatkuvasti. Tiukentuvalla lainsäädännöllä sekä päivittyvillä vaatimuksilla ja ohjeistuksilla on vaikutuksensa rakennusprosessien kehitykseen.



Kuva 6. Kestävän rakentamisen edistämiseen vaikuttaa Suomessa monta tekijää.

2.2.2 Kestävän rakentamisen haasteet ja mahdollisuudet

Kestävän rakentamisen kehittyminen ja käyttöönotto luo uusia haasteita ja mahdollisuuksia rakentamisessa. Kestävän rakentamisen vaikutuksia rakentamiseen on tutkittu kansainvälisesti paljon sekä liiketoiminnallisesta että rakennusprosessien näkökulmasta. Osana ERA 17- toimintaohjelmaa vuonna 2011 toteutettiin Tarja Häkkisen toimittama tutkimushanke *Kestävän rakentamisen prosessit*, jonka tavoitteena oli tarjota kestävän rakentamisen prosesseja tukevia toimintamalleja rakentamiseen Suomessa. Kestävän rakentamisen vaatimuksia tutkivat myös Mesimäki ym. (2015) tapaustutkimusten avulla keskittyen LEED- ympäristöluokiteltujen hankkeiden läpivienteihin Suomessa. Ympäristöluokitusten näkökulmaa ovat tutkineet myös Ding (2008) Iso- Britanniassa sekä Nesteby ym. (2016) Norjassa. Kestävän rakentamisen riskejä kansainvälisellä tasolla ovat tutkineet Rafindadi ym. (2014) ja konseptin tuomia haasteita ja mahdollisuuksia Omanissa on tutkinut tapaustutkimusten avulla Saleh & Alalouch (2015). Puhtaasti rakennusyritysten liiketoiminnallista näkökulmaa edustavat tutkimuksellaan Opoku & Ahmed (2014) luomalla katsauksen Iso- Britannian rakennusyritysten sisäisiin, kestävää rakentamista tukeviin käytäntöihin. Liiketoiminnallista lähestymistapaa edustaa myös Borkovskaya (2014) tutkimalla kestävän rakentamisen taloudellisia vaikutuksia sekä rakennusalalla että yhteiskunnallisesti.

Rakennusyritysten liiketoiminnallisesta näkökulmasta tarkasteltuna selvä haaste kestävä rakentamisen yleistymiselle ja käyttöönotolle on sen korkeammat toteutuskustannukset (Mesimäki ym. 2015, Opoku & Ahmed 2014, Rafindadi ym. 2015, Saleh & Alalouch 2015). Asuntorakentamisessa asukkaiden ja sijoittajien tietämättömyys kestävän rakentamisen todellisista hyödyistä luo haasteita kalliimman, mutta ympäristöä säästävämmän tuotteen myymisessä (Opoku & Ahmed 2014, Häkkinen 2011, Haapio 2008, Saleh & Alalouch 2015). Rakennusprosessin tuotantovaiheen aikainen kustannushallinta ja kustannustehokas toteutus ovat selvästi yksi osa- alue kestävän rakentamisen kehittämisessä.

Liiketoiminnallinen näkökulma asettaa myös muita haasteita. Rakennusyritysten sisällä tulisi jakaa sama visio kestävän rakentamisen toteuttamisesta kaikkien osapuolien kesken aina ylimpää johtoa myöten. Kestävän rakentamisen laajamittainen käyttöönotto yrityksien sisällä on mahdotonta jos se ei ole yhteinen intressi tai osa yrityksen visiota ja strategiaa. (Opoko & Ahmed 2014.) Yrityksen sisällä kestävän rakentamisen käyttöönotto ja kehittäminen tulisi olla kokonaisvaltaista ja kaikkia koskevaa.

Rakennusprosessille haasteita luo rakennusalan ominaispiirteet. Kestävä rakentaminen vaatii muutosta tavanomaisiin prosesseihin ja käytäntöihin, mikä muutosvastaisella alalla koituu ongelmaksi (esim. Mesimäki ym. 2015, Häkkinen 2011, Nesteby ym. 2016). Rakennusprosessin aikana eri osapuolien toisistaan eroavat tavoitteet, prioriteetit ja näkemykset vaikuttavat rakennusprosessin aikana eri osapuolien osallistumiseen kestävän rakentamisen mukaiseen toteutukseen (Mesimäki ym. 2015, Opoku & Ahmed 2014). Rakennusprosessissa tulisi löytää yhteiset tavoitteet ja intressit kestävän rakentamisen toteuttamiseksi, jolloin rakennusprosessin hallinta kestävän rakentamisen osalta olisi helpompaa.

Rakennusalan ominaispiirteisiin lukeutuu myös suhdanneherkkyys, jolla on omat vaikutuksensa kestävän rakentamisen kehittymiselle ja yleistymiselle (Opoku & Ahmed 2014). Myös rakennusprojektien monimutkaisuus ja ainutkertaisuus luo haasteita yleisesti toimivien kestävän kehityksen mukaisten toimintamallien kehittämiselle (Mesimäki ym. 2015, Rafindadi ym. 2014). Kestävän rakentamisen vaatimuksia kehitetään ja

ohjataan myös poliittisin keinoin, jolloin haasteita kestävän rakentamisen kehityksessä luo myös vallitsevat poliittiset olosuhteet (Rafindadi ym. 2014). Kestävän rakentamisen prosessien kehityksessä tulisikin panostaa ratkaisujen joustavuuteen ja muutettavuuteen (Mesimäki ym. 2015).

Kestävä rakentamisen toteutus vaatii uuden tiedon ja taidon sisäistämistä. Kestävä rakentaminen toteutus on vielä vierasta rakennusprosessien tuotantovaiheen eri osa- puolille, mikä luo haasteita sen toteuttamiselle (Häkkinen 2011, Opoku & Ahmed 2014, Rafindadi ym. 2014, Saleh & Alalouch 2015). Rakennusyrityksen sisällä tulisi oman henkilöstön ja tuotantohenkilöstön koulutuksen lisäksi panostaa ympäristöasioiden asiantuntemukseen (Häkkinen 2011, Opoku & Ahmed 2014, Saleh & Alalouch 2015). Rakennusprosessien kehittämisessä kestävän rakentamisen mukaiseksi tulisikin panostaa projektin aikaiseen tiedon kulkuun ja kestävän rakentamisen vaatimusten kouluttamiseen tuotantovaiheen kaikille osapuolille.

Prosessien kehittäminen kestävän rakentamisen mukaiseksi luo rakennusyrityksille myös mahdollisuuksia. Kestävän rakentamisen toimintojen käyttöönotto osaksi vanhaa prosessia luo kokemuksia uusien toimintatapojen kehittämiselle ja käyttöönotolle rakennusyritysten sisällä, mikä luo puitteita toiminnan kehittämiselle myös muilla osa-alueilla (Mesimäki ym. 2015, Häkkinen 2011).

Kestävällä rakentamisella on hyvä markkina- arvo (GBCF 2015, Borkovskaya 2014). Asuntorakentamisessa kestävä rakentaminen yleistyy ja tietoisuus sen hyödyistä lisääntyy myös sijoittajien ja asukkaiden keskuudessa tulevaisuudessa. Tutkimusten mukaan kestävä rakentaminen kustantaa investointina enemmän, mutta maksaa loppukäyttäjälleen takaisin itse käytössä (Häkkinen 2011, GBCF 2017, Borkovskaya 2014). Asuntorakentamisessa vallitsevat markkinat ja suuremmat toteutuskustannukset koetaan sekä mahdollisuutena että haasteena. Kuitenkin kestävän rakentamisen toteutuksessa suurimpana mahdollisuutena nähdään sen mahdolliset parantavat vaikutukset ilmastonmuutoksen hidastumisessa ja ilmaston lämpenemisessä (esim. Opoku & Ahmed, Ding 2008, Ortiz ym. 2008).

Taulukossa 1 on esitetty yhteenvetona kirjallisuuskatsauksessa esiin nousseet kestävän rakentamisen keskeiset haasteet ja mahdollisuudet rakennusurakoitsijan näkökulmasta. Kolme suurinta haastetta rakennusprosessin hallinnan näkökulmasta ovat toteutusvaiheessa työntekijöiden tietämys ja ymmärrys kestävän rakentamisen vaatimuksista ja käytännöistä, suuret toteutuskustannukset sekä rakennusprosessien eri osapuolien näkemysten ja tavoitteiden eroavaisuudet toisistaan. Muita kestävän rakentamisen kehityksen suhteen tärkeitä asioita yksittäisen rakennusyhtiön sisällä ovat yrityksen johdon tuntemus ja arvostus kestävää rakentamista kohtaan, asiakkaiden tietämyksen lisääminen kestävän rakentamisen hyödyistä sekä rakennusalan muutosvastaisen kulttuurin ja ajattelutavan muuttaminen edistystä ja kehitystä tukevaksi. Suurimpina mahdollisuuksina nousivat esille yhteistyömuotojen ja toimintatapojen kehittäminen vanhojen rutinoituneiden toimintatapojen tilalle, kestävän rakentamisen hyvä markkina- arvo sekä rakennusalan mahdollisuudet vaikuttaa valtakunnallisella tasolla ilmastonmuutokseen.

Taulukko 1. Yhteenveto kirjallisuuskatsauksessa esiin tulleista kestävän rakentamisen tuomista haasteista ja mahdollisuuksista.

Haasteita	Mahdollisuuksia
- **Suuret toteutuskustannukset** (Mesimäki ym. 2015, Opoku & Ahmed 2014, Rafindadi ym. 2014, Saleh & Alalouch 2015). - **Rakennusalan muutosvastaisuus** (esim. Mesimäki ym. 2015, Nesteby ym. 2016, Häkkinen 2011). - **Asiakkaiden tietämättömyys kestävän rakentamisen hyödyistä** (Opoku & Ahmed 2014, Häkkinen 2011, Haapio 2008, Saleh & Alalouch 2015). - **Rakennusprosessin eri osapuolilla omat tavoitteet, prioriteetit sekä näkemykset** (Mesimäki ym. 2015, Opoku & Ahmed 2014, Nesteby ym. 2016). - **Kestävän rakentamisen vision jakaminen isojen yritysten sisällä, eri osastojen väleillä sekä ylimmän johdon kanssa** (Opoku & Ahmed 2014). - **Työmaahenkilöstön kestävän rakentamisen tieto ja taito** (Häkkinen 2011, Oboku & Ahmed 2014, Rafindadi ym. 2014, Nesteby ym. 2016, Saleh & Alalouch 2015). - **Kestävän kehityksen edistys jää helposti taloudellisten ongelmien jalkoihin suhdanneherkällä alalla** (Opoku & Ahmid 2014). - **Rakennusprojektit monimutkaisia ja ainutkertaisia** (Mesimäki ym. 2015, Rafindadi ym. 2014). - **Ympäristöasioiden asiantuntemus urakointiliikkeen sisällä** (Häkkinen 2011, Opoku & Ahmed 2014, Saleh & Alalouch 2015). - **Poliittiset olosuhteet** (Rafindadi ym. 2014, Saleh & Alalouch 2015).	- **Uusien yhteistyömuotojen ja rakennusprosessin sisäisten toimintatapojen kehittäminen** (Mesimäki ym. 2015, Häkkinen 2011). - **Kestävällä rakentamisella on hyvä markkina- arvo** (esim. Karhu 2015, Borkovskaya 2014). - **Rakennusalalla ympäristövaikutuksiin voidaan vaikuttaa valtakunnallisella tasolla** (esim. Opoku & Ahmed 2014, Ding 2008, Ortiz ym. 2008). - **Kallis ympäristöystävällisempi investointi maksaa käyttäjälleen takaisin käytön aikana** (Häkkinen 2011, GBCF 2017, Borkovskaya 2014).

2.3 Ympäristöluokitusjärjestelmät rakennuksille

Rakennuksille tarkoitetut ympäristöluokitukset asettavat vaatimuksia rakennusprosessin tuotantovaiheelle. Tutkittaessa luokitusten vaatimuksia rakennusprosessille, on oleellista tuntea taustalla vaikuttava metodologia, mahdollinen kehityssuunta ja eri luokitusten eroavaisuudet sekä yhtäläisyydet. Näiden perusteella vastataan tutkimuksessa asetettuihin tutkimuskysymyksiin konkreettisella tasolla.

Rakennusalalla on alettu 1990- luvulla, muiden teollisuudenalojen tapaan, kiinnittämään enemmän huomiota alan aiheuttamiin ympäristövaikutuksiin. Rakennusalalla muodostui tarve todentaa rakentamisen ja rakennusten ympäristövaikutuksia. Ympäristövaikutuk-

sia mittaavien työkalujen tutkimukseen ja kehittämiseen on panostettu viime vuosikymmeninä paljon ja taustalla ovat vaikuttaneet kansainväliset projektit sekä instituutit. (Haapio 2008, s. 10.)

Rakennusten ympäristövaikutuksia mittaavien työkalujen ja kestävän rakentamisen kehityksen perustana voidaan pitää elinkaariarviointia (Life Cycle Assessment, LCA), joka on kehitetty arvioimaan tuotteen tai palvelun ympäristövaikutuksia koko sen elinkaaren ajan. Ortiz ym. (2008) ovat tutkineet LCA:n kehittymisen vaiheita rakennusalalla vuosien 2000- 2007 välisenä aikana. LCA on metodologia, jota on käytetty rakennusten ympäristövaikutusten arvioinnissa 1990- luvulta lähtien. LCA perustuu kansainväliseen standardisarjaan ISO 14040[5] ja sitä on hyödynnetty kahdella eri tavalla rakennusten elinkaaren ympäristövaikutusten arvioinnissa: yksi tapa on kiinnittää huomiota rakennusmateriaaleihin ja materiaaliyhdisteisiin (Building Materials and Component Compinations, BMCC) ja toinen tapa on keskittyä koko rakennusprosessiin (Whole Process of the Construction, WPC). Ortiz ym. nostavat LCA:n 2000- luvun parhaaksi käytännön metodologiaksi arvioida, analysoida ja valvoa rakennusten ympäristövaikutuksia koko elinkaaren ajan ja parantaa niiden toimivuutta ja toteutusta kestävän rakentamisen näkökulmista tarkasteltuna. (Ortiz ym. 2008.)

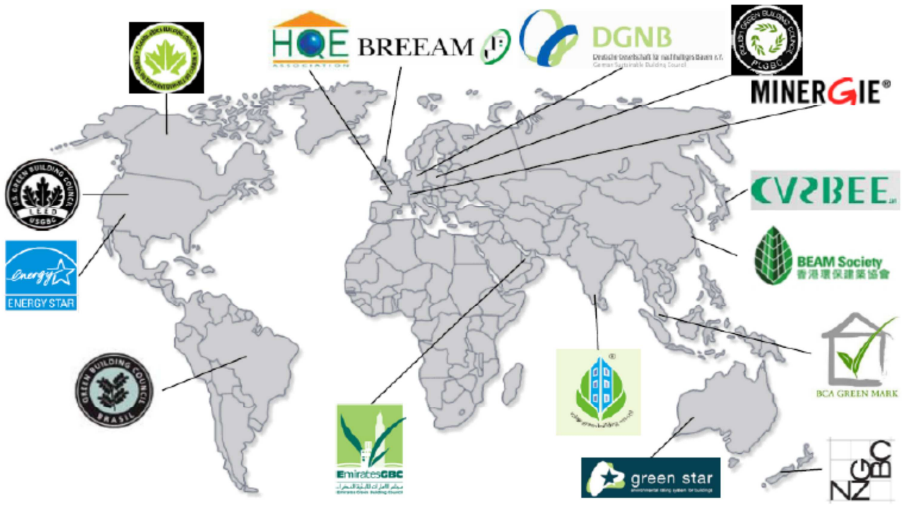
Ympäristövaikutuksia mittaavilla työkaluilla on ollut ja tulee olemaan suuri rooli kestävän rakentamisen kehityksessä. Ding (2008) näkee ympäristöluokitusten tapaisten työkalujen auttavan kestävän rakentamisen kehitystä pitkällä aikavälillä ja korostavan kestävän rakentamisen tärkeyttä rakennusalan kaikille toimijoille. Työkalujen kehittäminen on jatkuvaa ja kehitystyön selvänä haasteena Ding (2008) näkee kestävän rakentamisen monimuotoisuuden: On vaikea kehittää koko rakennuksen elinkaaren ja eri osapuolet huomioivia mittaustyökaluja. Kestävän kehityksen konsepti on laaja ja tämän hetkiset ympäristövaikutusta mittaavat työkalut keskittyvät lähinnä rakennusten ja rakentamisen ympäristövaikutuksiin ja ydinteemat, kuten sosiaalisuus ja taloudellisuus, jäävät vähemmälle huomiolle (Ding 2008). Työkalujen soveltuminen eri rakennusprosessien vaiheisiinkin vaihtelee ja esimerkiksi rakennusprosessin toteutusvaihe jää ympäristövaikutuksia arvioivien työkalujen näkökulmasta usein vähemmälle huomiolle (Ding 2008, Bilec ym. 2010). Ympäristövaikutuksia arvioivien työkalujen kehityksessä Ortiz ym. (2008) korostavat metodologian merkitystä, jolloin keskitytään rakennuksen koko elinkaareen. Metodologian tueksi tulisi kuitenkin löytää rakennuksen elinkaaren kaikissa vaiheissa esiintyviä ja kestävän rakentamisen eri osa- alueita todentavia indikaattoreita, jotka toimisivat kansainvälisessä käytössä ja vertailussa (Ortiz ym. 2008).

Rakennusten ympäristövaikutusten arviointiin on kehitetty paljon erilaisia työkaluja. Eroavaisuuksia työkalujen väleillä muodostaa muun muassa arvioitavien rakennusten tyyppi ja rakennustapa, sillä korjausrakentamiseen soveltuva työkalu harvoin soveltuu suoraan uudistyömaalle. Työkalujen arviointi perustuu kriteeristöön, johon on kullekin kriteerille määritelty omat indikaattorit. Eri kriteereissä voidaan arvioida sekä määrällisiä että laadullisia ominaisuuksia, mikä on ajanut ympäristöarvioinnin painottumisen pisteytyksen muotoon. Eri työkaluilla on omat painotuksensa, indikaattorinsa ja kriteeristönsä ja tästä syystä niiden vertailukelpoisuus kärsii. (Haapio 2008, s.11.) Arviointityökalujen metodologia pohjautuu LCA:han ja tästä syystä lähtökohta on arvioida rakennuksen koko elinkaaren aikana aiheuttamia ympäristövaikutuksia. Kuitenkin paino-

[5] ISO 14040 on SFS- EN ISO- tyyppinen standardi, joka sisältää periaatteet ja pääpiirteet ympäristöasioiden hallintaan ja elinkaariarviointiin ja on vahvistettu Suomessa (SFS), eurooppalaisessa standardisoimisjärjestelmässä (EN) ja kansainvälisessä standardisoimisjärjestössä (ISO) (SFS ry 2017).

tus rakennuksen elinkaaren eri vaiheille vaihtelee eri mittareiden väleillä, mikä rajoittaa niiden soveltuvuutta ja käyttöä rakennusprosessin tuotantovaiheessa.

Rakennusten ympäristöluokitukset ovat tällä hetkellä rakennusalalla näkyvimpiä ja eniten käytettyjä rakennusten elinkaaren ympäristövaikutusten arviointiin kehitettyjä työkaluja (Ding 2016, GBCF 2017). Ympäristöluokiteltu rakennus takaa sen olevan kestävän rakentamisen periaatteilla suunniteltu, rakennettu ja ylläpidetty. Ympäristöluokituksen ylläpidosta ja tarvittavista laskelmista vastaa järjestelmän akreditoima ammattilainen, joka on saanut koulutuksen järjestelmän käyttöön. Ympäristöluokituksen avulla rakennusprosessi voidaan pisteyttää sen kriteerien avulla ja sille voidaan antaa arvosana. Ympäristöluokitus toimii työn aikana johtamisen työkaluna ja tukee laatujärjestelmän tavoin kestävän rakentamisen mukaisten tavoitteiden asettamista, seurantaa ja dokumentointia. Ympäristöluokitukset toimivat myös rakennusten markkinoinnin työkaluna. Monista kansainvälisistä ympäristöluokituksista on tullut tunnettuja ja arvostettuja brändejä eri puolilla maailmaa ja kuvassa 7 on esitetty tunnettuja kansainvälisiä ympäristöluokituksia. Monet kansainväliset ympäristöluokitukset palvelevatkin erityisen hyvin kansainvälisessä kiinteistöbisneksessä mukana olevia ja ulkomailla rakentavia suomalaisia yrityksiä. (GBCF 2017.)



Kuva 7. Kansainvälisen luokitusjärjestelmät - ympäristöluokitusten sijoittumisesta maailmalla (GBCF 2015).

Rakennusten ympäristöluokitusten haasteena koetaan myös kestävän rakentamisen keskeisenä haasteena tunnettu rakentamisen korkeat toteutuskustannukset. Suunnittelu- ja rakennuskustannusten nousu on pysynyt keskimäärin 0-4 %:ssa ja korkean tason sertifikaateilla vastaava luku on vaihdellut 0-10 %:n välillä. Korkeat kustannusnousut ovat nollaenergiataloilla (12,5 %) ja korjausrakentamisessa, jossa yksittäisen projektin toteutuskustannukset voivat kohota jopa 40 %:iin ympäristöluokitusten mukaisen toteutuksen kautta. Ympäristöluokitusten hyöty konkretisoituu rakennuksen käytössä, sillä ympäristöluokiteltujen rakennusten käyttökustannusten on todettu olevan 8-9 % pienemmät tavanomaiseen verrattuna, rakennuksen arvon on arvioitu nousevan keskimäärin 7,5 % sekä käyttöasteen on arvioitu nousevat 3,5 % ja vuokran 3 %. (GBCF 2017.)

2.3.1 Ympäristöluokitukset Suomessa

Käyttökelpoisia kansainvälisiä ympäristöluokitusjärjestelmiä rakennuksille ja alueille on useita, kuten esimerkiksi saksalainen DGNB, brittiläinen BREEAM, japanilainen CASBEE ja amerikkalainen LEED. Kansainväliset ympäristöluokitusjärjestelmät vaativat kuitenkin aina sopeuttamista kansalliseen ja toteutuskohteen toimialamuotoon sopivaksi. (ERA17.) Suomessa käytetyimpiä ympäristöluokitusjärjestelmiä ovat kotimaassa kehitetty Promise sekä kansainvälisesti käytössä olevat BREEAM ja LEED. Suomessa on tällä hetkellä yli 120 LEED- ja BREEAM- sertifioitua rakennusta ja yli 1500 Promise- sertifioitua kiinteistöä. (GBCF 2017.)

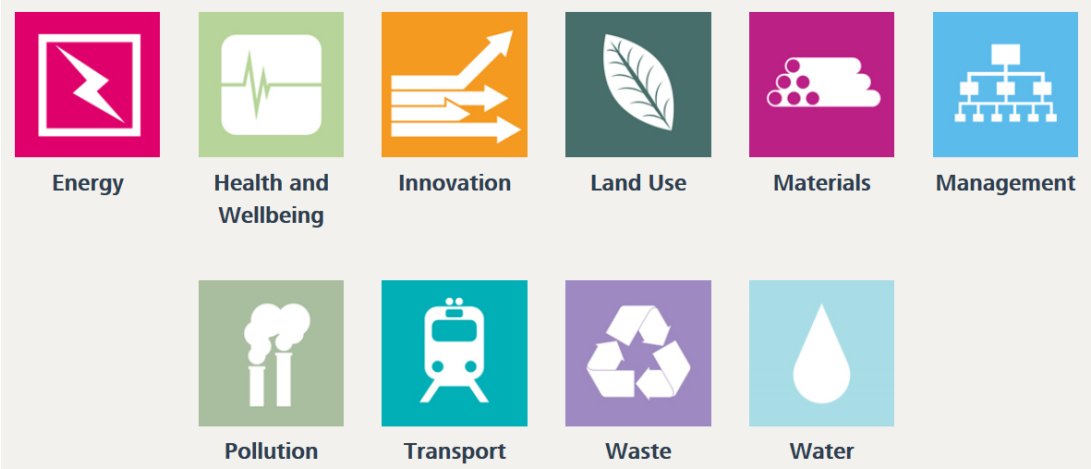
Uusimpana Suomessa käyttöön otettu ympäristöluokitus on Pohjoismaisen ympäristömerkin ylläpitämä Joutsenmerkki (Joutsenmerkki 2017). Suomessa on käytetty myös FSC- sertifiointia, joka tähtää lähinnä kestävään metsätalouteen, mutta sovellusesimerkki rakennusteollisuuteen sertifioinnilta jo kuitenkin löytyy myös Suomesta (FSC 2017). Ympäristöluokiteltujen uudisrakennusten rakentaminen keskittyy Suomessa vielä pääosin toimitilarakentamiseen ja asuntorakentamisessa ympäristöluokitusten käyttö on vielä uutta (LEED 2017, BREEAM 2017 GBCF 2017).

Harri Hakaste (2008) tarkastelee Rakentajain kalenterin artikkelissaan Promise- ympäristöluokituksen kehitysaskelia Suomessa sekä luokituksen sisältöä ja rakennetta. Promise- ympäristöluokitus on internet- pohjainen apuväline. Vapaaehtoisuuteen perustuva luokitus pitää sisällään kaksi erillistä työkalua, uudishankkeisiin soveltuvan Hanke-Promisen sekä olemassa olevien kiinteistöjen arviointiin tarkoitetun Kiinteistö- Promisen. Promise- luokituksen perusteella rakennukselle voidaan antaa ympäristöarvosana välillä A-E, joista arvosana A on paras. Kiinteistö- Promisen kehitys sijoittuu vuosien 1999- 2002 välille, jonka jälkeen Hanke- Promisen kehittäminen toteutettiin vuosien 2002- 2004 aikana. Promise- ympäristöluokituksen kehittämisessä hyödynnettiin aiempia kansainvälisiä arviointivälineitä sekä suomalaisia hyviä vakiintuneita käytäntöjä. Sekä Kiinteistö- Promise että Hanke- Promise sisältävät erilliset arviointikriteerit kolmelle eri rakennustyypille: liikerakennukselle, kaupan kiinteistölle sekä asuinkerrostalolle. Itse luokitus rakentuu yksittäisten indikaattorien pohjalta arvioimalla kukin indikaattori luokkiin A-E, joiden keskinäisten painotusten pohjalta antavat osa- alueille ja pääryhmille oman luokituksensa. (Hakaste 2008.)

Promise- ympäristöluokituksessa rakennuksen ympäristöominaisuuksia tarkastellaan neljässä pääluokassa, joita ovat ihmisten terveys, luonnonvarojen käyttö, ekologiset seuraukset sekä ympäristöriskien hallinta. Promise on laskennaltaan ja raportoinniltaan hyvin käytännönläheinen ja helposti omaksuttava luokittelumenetelmä, mutta sen kriteerit perustuvat täysin kansallisiin keskilukuihin, mikä rajoittaa sen hyödyntämistä kansainvälisesti. (GBCF 2017.) Promise- ympäristöluokitusta on käytetty Suomessa paljon ja Promise- ympäristöluokitusta tällä hetkellä hallinnoivat Raklin mukaan Suomessa tällä hetkellä ympäristöominaisuuksiltaan erittäin korkeaa A- laatutasoa ovat 1-2% kiinteistöistä ja kiitettävään B- laatutasoon mahdollisuuksia on noin 10 % kiinteistöistä (Promise 2017). Suomessa on viimeisen 10 vuoden aikana rakennettu yli 1500 Promise- ympäristöluokiteltua kohdetta. (Karhu 2015.)

BREEAM (Building Research Establishment´s Environmantal Assessment Method) on Iso- Britanniassa kehitetty ympäristöluokitusjärjestelmä vihreille kiinteistöille. Järjestelmän on luonut ja sen kehityksestä vastaa paikallinen kiinteistöalan tutkimusorganisaatio ja sertifikaatit haetaan Iso- Britanniasta. BREEAM ohjaa rakennuksen suunnittelua, rakentamista sekä käyttöä. BREEAM tarkastelee rakennuksen ympäristövaikutuksia

koko sen elinkaaren ajalta kiinnittäen huomiota muun muassa johtamiseen, energian- ja veden kulutukseen, käytettyihin rakennusmateriaaleihin, maankäyttöön sekä liikenteeseen. Luokituksen tarkempi tarkastelun ja painopisteiden jaottelu eri gategorioihin on esitetty kuvassa 8. Rakennuksen luokituksessa edellä mainituille ominaisuuksille annetaan pisteet, joiden perusteella kiinteistölle myönnetään arvosana *Pass, Good, Very Good, Excellent* tai Outstanding. (GBCF 2017, BREEAM 2017.)



Kuva 8. BREEAM- luokituksen painopisteet kategorioittain (BREEAM 2017).

Sertifioitujen rakennusten lukumäärän perusteella BREEAM on tällä hetkellä selvästi suosituin vihreiden kiinteistöjen luokitusjärjestelmä. Vuonna 1990 on rakennettu ensimmäinen BREEAM- ympäristöluokiteltu rakennus, joten BREEAM on myös vanhin ympäristöluokitusjärjestelmä rakennuksille. Luokiteltuja rakennuksia on tällä hetkellä maailmanlaajuisesti yhteensä 425000. BREEAM- luokitus on myös mahdollista kansallistaa muun muassa Ruotsissa, Norjassa ja Hollannissa. BREEAM- luokituksen kehittämisessä on huomioitu sen soveltuminen eri maissa, mikä on yksi suurimmista syistä sen suosioon. Suomessa BREEAM- luokitus vaikuttaa toistaiseksi pääasiassa toimitilarakentamisen puolella. Luokituksella on olemassa oma kansainvälinen sertifiointinsa myös asuinkerrostaloille. Luokituksen kotimaassa Iso- Britanniassa on rakennettu paljon BREEAM- luokiteltuja asuinrakennuksia, mutta Suomessa uusia asuinkerrostaloja ei ole vielä BREEAM- luokituksella vielä rakennettu. (GBCF 2017, BREEAM 2017.)

LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) on yhdysvaltalainen, kansainvälisesti vertailukelpoinen vihreiden kiinteistöjen sertifiointijärjestelmä, jota hallinnoi ja sertifikaatit myöntää U.S. Green Building Council (USGBC 2017). LEED- sertifiointi myönnetään riippumattoman, kolmannen osapuolen tekemän arvioinnin perusteella. Saadakseen LEED- sertifioinnin tulee rakennuksen täyttää ympäristöluokituksen asettamat vähimmäisvaatimukset muun muassa rakennuksen sijaintipaikan, kestävyyden, ja energian-, veden- sekä materiaalien kulutuksen suhteen. (GBCF 2017, LEED 2017.)

LEED- ympäristöluokitellulle rakennukselle annetaan pisteytyksen perusteella arvosana *Certified, Silver, Gold* tai *Platinum*. LEED- sertifiointijärjestelmä on otettu käyttöön vuonna 1998 ja tällä hetkellä LEED- luokiteltuja rakennuksia on noin 8500 kiinteistöä ympäri maailmaa. LEED- ympäristöluokitus on otettu käyttöön yli 50 eri maassa ja järjestelmän leviäminen kansainväliseen käyttöön on ollut viime vuosien aikana nopeaa. LEED- luokituksen arviointiperusteet vaihtelevat kohderakennuksen tyypin mukaan: uudiskohteille, olemassa oleville kiinteistöille, kouluille ja kauppapaikoille on olemassa

omat LEED- arviointikriteerit. LEED- luokitus on BREEAM- luokituksen tapaan vielä suuntautunut enemmän toimitilarakentamiseen, mikä näkyy myös Suomessa. LEED-sertifioituja asuinrakennuksia on maailmalla paljon, mutta Suomessa luokitusta ei ole vielä käytetty uusille asuinrakennuksille. (GBCF 2017, LEED 2017.)

FSC (Forest Stewardship Council) on kansainvälinen, voittoa tavoittelematon kansalaisjärjestö ja vastuullisen metsien käytön sertifiointijärjestelmä. FSC perusti vuonna 1993 maapallon metsien häviämisestä huolestuneen ympäristöalan, metsäalan ja yhteiskunnallisten alojen edustajien ryhmän, jonka tavoitteena on edistää ympäristön kannalta vastuullista, yhteiskunnallisesti hyödyllistä ja taloudellisesti kannattavaa metsien hoitoa. Alkuperäisen metsäsertifikaatin lisäksi on olemassa FSC- projektisertifikaatti, joka voidaan myöntää tuotteille, rakennuksille ja rakenteille sekä myös erillisille tapahtumille kuten urheilukisoille ja festivaaleille. (FSC Finland 2017.)

Projektisertifikaatin saaminen edellyttää käytettyjen materiaalien, tuotteiden ja toimijoiden täyttävän vastuullisuuden kriteerit ja ovat joko kokonaan tai osittain FSC- sertifioituja. Sertifioinnin myötä rakennus saa omalla lisenssikoodilla varustetun FSC- luokituksen mukaisen logonsa ja kertaluonteiselle rakennusprojektille sertifikaatti on voimassa niin kauan kuin rakennuskin. Projektisertifikaatteja on olemassa kahta eri tyyppiä, jotka ovat täyssertifiointi sekä osittaissertifiointi. Täyssertifioinnissa vähintään 50 % käytetyistä puumateriaaleista tulee olla FSC- sertifioituja ja loput kontrolloiduista lähteistä. Projektisertifikaatteja on myönnetty ympäri maailmaa tällä hetkellä noin 100 ja Suomessa ensimmäinen projektisertifioitu rakennus on Löyly, joka sijaitsee Hernesaaren rannassa. Rakennuksessa on kolme erillistä saunaa, ravintola sekä yli 1600 m^2 terassialue. Löyly on valmistunut toukokuussa 2016. (FSC Finland 2017.)

FSC ei itse myönnä sertifikaatteja, vaan sertifikaattien myöntämisen hoitaa sertifiointielimet. Riippumattomat sertifiointielimet hoitavat metsänhoidon ja alkuperäisketjun auditoinnin, jonka perusteella sertifikaatti myönnetään. FSC asettaa standardit ja määrittelee menettelytavat, joiden mukaan auditoinnit suoritetaan ja sertifikaatit myönnetään. FSC:llä on integroitu akkreditointiohjelma, jonka avulla voidaan varmistaa, että sertifiointielimet toimivat sääntöjen mukaisesti. (FSC Finland 2017.)

2.3.2 Joutsenmerkki

Pohjoismaiden ympäristöneuvoston kuluttajasektori perusti vuonna 1989 Joutsenmerkin. Joutsenmerkin, kuten muidenkin ympäristöluokitusten, metodologia perustuu elinkaaritarkasteluun, huomioiden tuotteiden tai palveluiden ympäristövaikutukset koko elinkaaren ajalta. Joutsenmerkki on ISO 14024 standardin 1- tyypin[6] ympäristömerkki, jonka perusteella Joutsenmerkki on vapaaehtoinen, elinkaaritarkasteluun perustuva, kolmannen osapuolen tarkastama sekä tarjoaa julkiset myöntämiskriteerit. (Joutsenmerkki 2017.)

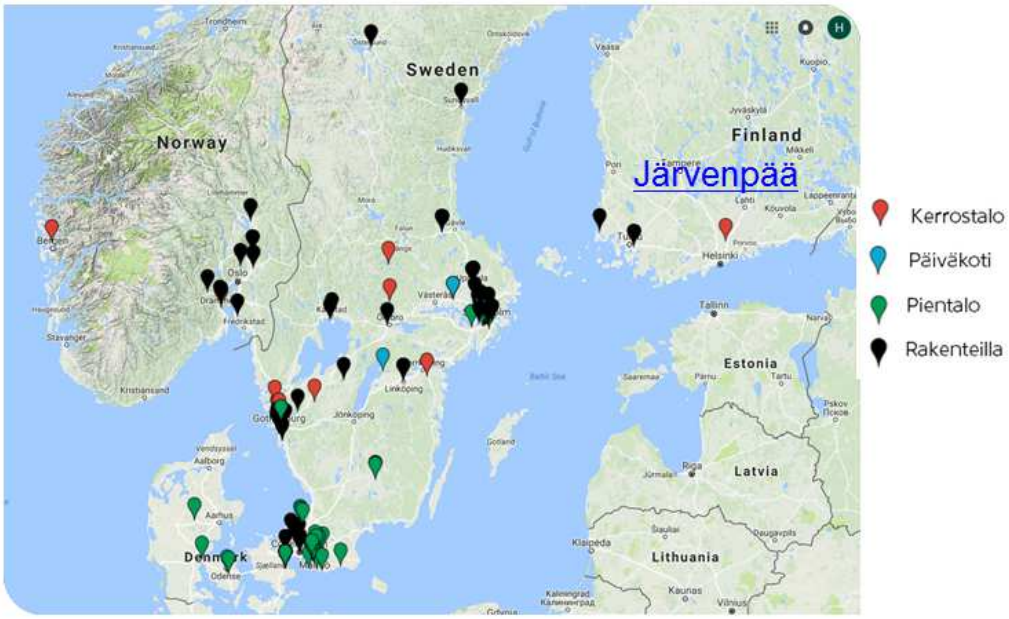
Joutsenmerkin käyttöä valvoo kunkin maan ympäristömerkintäorganisaatio, joka Suomessa on tällä hetkellä Motiva Services Oy. Joutsenmerkin painopisteet rakennuksen tuotantovaiheessa ja suunnittelussa ovat energia, biodiversiteetti, kemikaalit sekä jätteet. Joutsenmerkityssä rakennuksessa pyritään pieneen energiankulutukseen, hyvään sisäilman laatuun, rakentamisen hyvään laadunvarmistukseen sekä tarkastettuihin ja hyväk-

[6] ISO 14024 standardi 1 tyyppi on kansainvälisessä standardoimisjärjestössä vahvistettu standardi, joka asettaa ympäristömerkille kriteereiksi muun muassa, että sen todentaa riippumaton 3. osapuoli (SFS ry 2017).

syttyihin rakennusmateriaaleihin ja –kemikaaleihin. Joutsenmerkityn rakennuksen tulee täyttää tiukat ympäristö- ja terveysvaatimukset koko elinkaarensa ajan. Kuvassa 9 on esitetty rakennuksen koko elinkaaren ajalta ne näkökulmat, joiden ympärille Joutsenmerkin vaatimukset rakentuvat. (Joutsenmerkki 2017.) Joutsenmerkityn rakennuksen ympäristöystävällisyyden lisäksi luokituksen markkina- arvoa nostaa sen näkyvyys ja suosio muun muassa vähittäistavaroiden piiristä: vuonna 2016 tehdyn tutkimuksen mukaan Joutsenmerkki on Suomen 5. arvostetuin brändi (Markkinointi&Mainonta 2016).

Kuva 9. Joutsenmerkin vaatimusten painopisteet (Joutsenmerkki 2017).

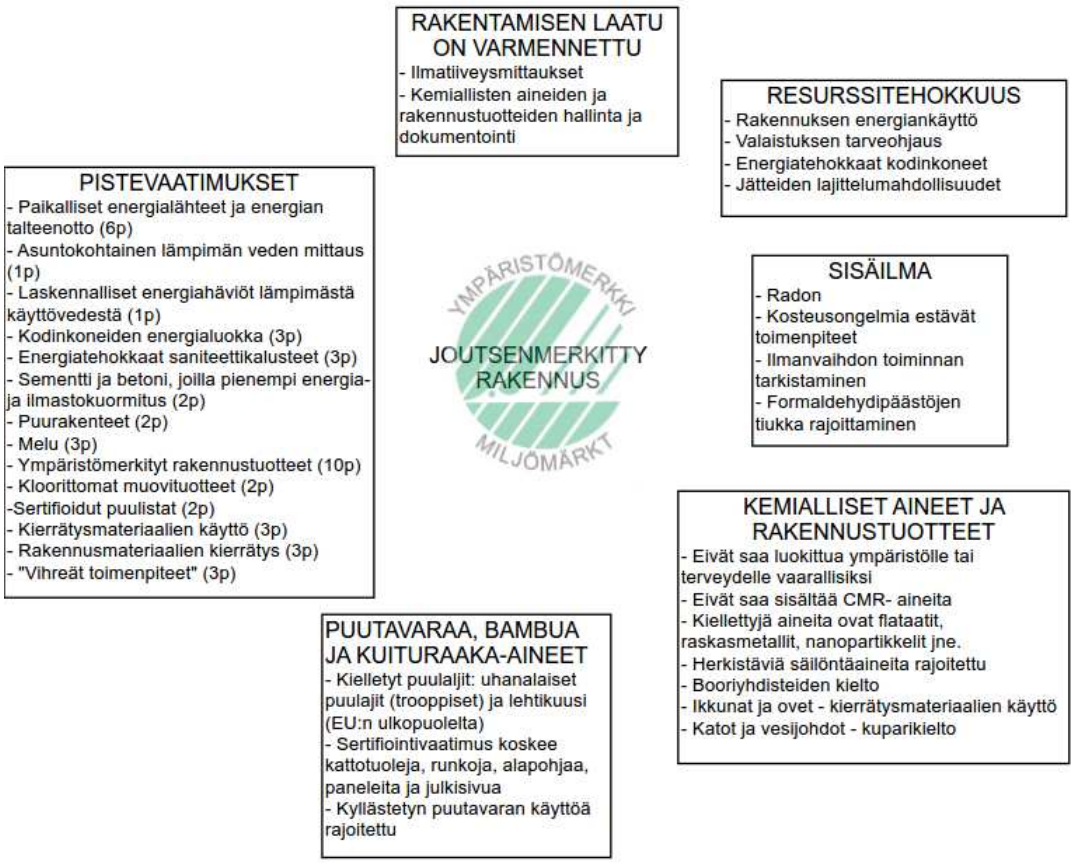
Ensimmäinen Joutsenmerkitty asuinkerrostalo valmistui Suomessa tammikuussa vuonna 2016 Järvenpään Mestarirakentajien rakennuttamana. Suomessa on tällä hetkellä rakenteilla useampia, Joutsenmerkkiä hakevia rakennuksia, joiden joukossa on muun muassa pientalo, vapaa- ajan asunto sekä päiväkoti. Lisäksi tällä hetkellä on rakenteilla valmistuessaan Suomen suurin Joutsenmerkitty asuinkerrostalo, jota tällä hetkellä rakentaa NCC Suomi Oy Vantaan Hakunilaan. Muissa pohjoismaissa Joutsenmerkittyjä rakennuksia on jo rakennettu paljon enemmän, muun muassa Ruotsissa Joutsenmerkittyjä rakennuksia ja päiväkoteja on jo satoja. Kuvan 10 kartasta voimme nähdä kuinka Joutsenmerkin vaikutusalue on keskittynyt Ruotsiin. (Joutsenmerkki 2017.)



Kuva 10. Joutsenmerkkiä hakevat sekä jo valmiit Joutsenmerkityt rakennukset pohjoismaissa vuonna 2017 (Joutsenmerkki 2017).

Joutsenmerkin vaatimukset on muiden ympäristöluokitusten tavoin laadittu kriteeristön muotoon. Kriteerien painottuu rakennuksen tuotantovaiheessa resurssitehokkuuteen, sisäilman laatuun, kemiallisiin aineisiin ja rakennustuotteisiin, vaatimuksiin käytetystä

puutavarasta sekä rakentamisen laadunvarmistukseen. Kriteeristö muodostuu 41 pakollisesta kriteeristä sekä 14 vaihtoehtoisesta pistevaatimuksesta, joista asuinkerrostalon tapauksessa on saavutettava 17 pistettä jaossa olevista 44 pisteestä. Joutsenmerkin kriteeristöä päivitetään tarkoituksella määräajoin ja yksi kriteeristö on voimassa keskimäärin 3-5 vuotta. Kriteerien päivittyessä rakennusprosessin aikana, tulee kohteen Joutsenmerkkiä hakea ja se myönnetään aina uusimman päivitetyn kriteeristön mukaan. (Joutsenmerkki 2017.) Joutsenmerkin kriteeristön ja pistevaatimusten jako on esitetty tarkemmin kuvassa 11.



Kuva 11. Joutsenmerkin kriteerit ja lisäpistevaatimukset eri kategorioissa (Joutsenmerkki 2017).

Joutsenmerkin hakemiseen vaaditaan aina Joutsenmerkin mukaisesta toteutuksesta vastaava hakija, jonka rooli on rakennusprosessin aikana toimittaa Ympäristömerkinnälle tietoa tarkastettavaksi kriteerien mukaisesti. Kriteeristön vaatimien laskelmien, suunnitelmien, selvitysten ja materiaalitietojen hankkiminen sekä toimittaminen ovat hakijan vastuulla. Joutsenmerkin hakuprosessiin kuuluu myös Ympäristömerkinnän suorittamat tarkastuskäynnit rakennustöiden aikana kohteessa. Tarkastuskäyntien tarkoituksena on varmistaa paikan päällä, että vaatimukset täytetään. (Joutsenmerkki 2017.)

2.3.3 Ympäristöluokitusten vertailu

Taulukossa 2 vertaillaan aiemmin tässä työssä käsiteltyjä, Suomessa käytössä olevia rakennuksille tarkoitettuja ympäristöluokitusjärjestelmiä. Taulukossa vertailu on suoritettu luokitusten väleillä seuraavilla ominaisuuksilla:

1. Soveltuu asuntorakentamiseen Suomessa.
2. Pisteytysperusteinen ja antaa arvosanan.
3. Painottuu työmaan tuotantovaiheeseen.
4. Toimii kansainvälisesti.
5. Mahdollista kansallistaa.
6. Kriteeristö uusiutuu säännöllisesti.
7. Sertifikaatti haetaan Suomesta.

Taulukko 2. Vertailutaulukko eri ympäristöluokitusten kesken.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
Joutsenmerkki	X		X	X		X	X
Promise	X	X	X				X
BREEAM		X	X	X	X	X	
LEED		X	X	X	X	X	
FSC	X		X	X			X

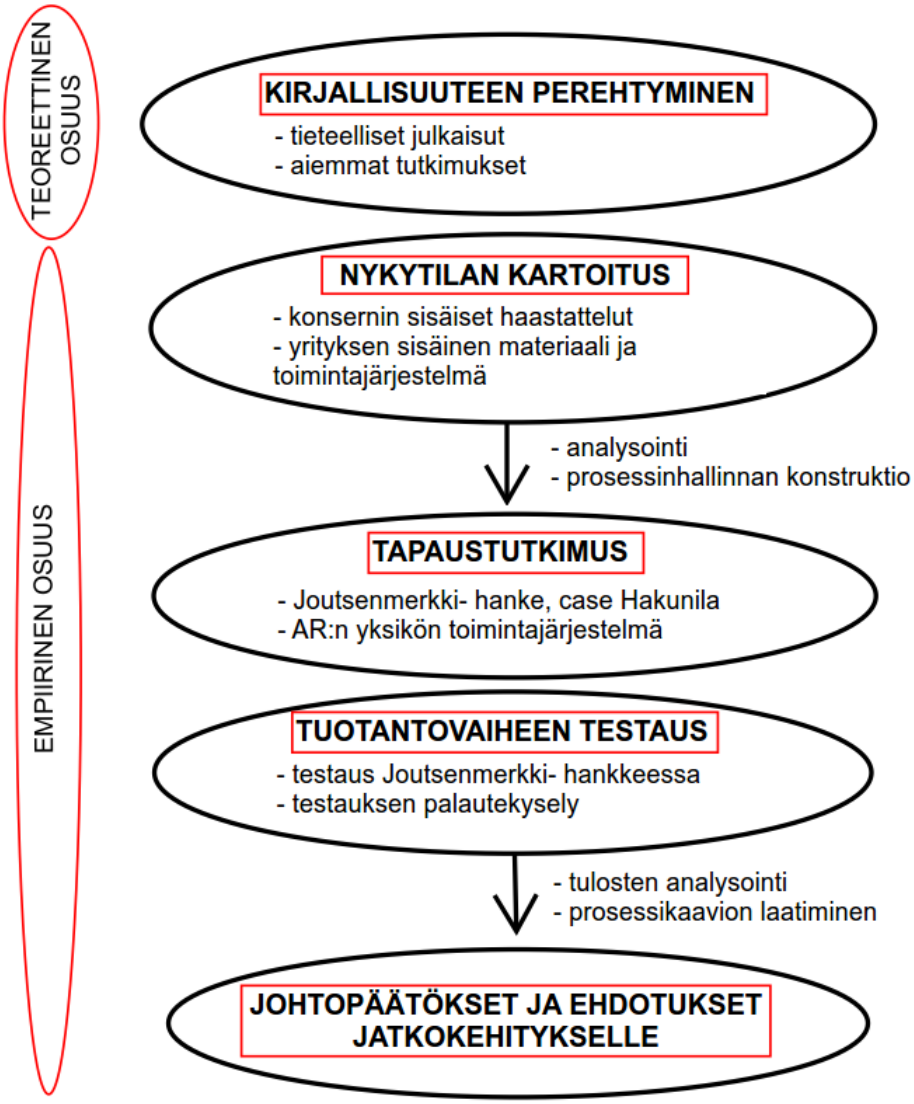
Rakennuksille tarkoitetut ympäristöluokitukset eroavat toisistaan ja tästä syystä niitä on vaikea vertailla. BREEAM, LEED ja Promise ovat pisteytykseen perustuvia ympäristöluokituksia, jotka antavat rakennuksille arvosanana saavutettujen pisteiden perusteella. Pisteytys luo ympäristöluokituksen käyttöön joustavuutta ja vaihtoehtoisuutta. Pisteytyksen avulla rakennushankkeen toteutuksessa on valinnanvaraa, mikä lisää luokituksen soveltuvuutta erilaisiin rakennuskohteisiin. Joutsenmerkin vaatimukset perustuvat osittain pisteytykseen vaihtoehtoisten lisäpisteiden osalta. Joutsenmerkin kriteeristön runko muodostuu kuitenkin pakollisista kriteereistä, mikä luo haasteita ympäristöluokituksen saavuttamiselle. FSC- ympäristöluokitus perustuu ehdottomiin vaatimuksiin puutuotteiden osalta, mutta luokitus on mahdollista saavuttaa myös osittain. Pisteytettävien ympäristöluokitusten joustavuus ja käytettävyys on eri rakennuksille parempaa ja pisteytys tekee luokituksista myös vertailukelpoisia keskenään.

Suomessa asuntorakentamiseen asuinkerrostalojen osalta suoraan soveltuvia ympäristöluokitukset tarkastelluista luokituksista ovat Joutsenmerkki, Promise ja FSC. BREEAM- ja LEED- luokitukset näkyvät Suomessa enemmän vielä toimitilarakentamisessa. Molemmista luokituksista on olemassa kansainväliseen käyttöön tarkoitetut sertifiointijärjestelmät asuinrakennuksille, mutta niiden soveltuvuus suoraan Suomen asuntorakentamiseen on vielä epäselvää, koska niitä ei ole otettu vielä Suomessa käyttöön. Luokitusten soveltuvuus toimitilarakentamisen puolella Suomessa on vaatinut pitkän käyttöönoton ja tämän vuoksi oletuksena on että luokitukset eivät suoraan sovellu Suomen asuntorakentamiseen. Kaikki ympäristöluokitukset asettavat vaatimuksia rakennuksen

rakentamisvaiheeseen, sillä kriteerien konkreettinen toteuttaminen ja todentaminen sijoittuu luonnollisesti rakentamisvaiheeseen. Työmaatoimintojen painotus kuitenkin vaihtelee eri ympäristöluokitusten kesken, sillä esimerkiksi Joutsenmerkki asettaa tarkat dokumentoitavat vaatimukset muun muassa laadunhallinnalle ja käytettävien rakennusmateriaalien seurannalle dokumentoinnille. Kansainväliseen käyttöön soveltuvia ympäristöluokituksia olivat kaikki tarkastellut luokitukset, suomalaista Promise- luokitusta lukuun ottamatta ja ainoastaan BREEAM- luokituksessa on myös kansallistamisvaihtoehto. Ainoastaan Joutsenmerkin kriteeristö on suunniteltu säännöllisesti kiristymään, millä saattaa olla vaikutuksensa rakennusprosessin hallinnalle tapauksessa, jossa kriteeristö päivittyy kesken rakentamisen. Joutsenmerkin, Promisen ja FSC:n sertifikaatit haetaan Suomesta kun taas BREEAM- ja LEED- sertifikaatit myönnetään hallinnoivat tahon toimesta.

3 Menetelmät

Tutkimuksen kulku on esitetty kuvassa 12. Tutkimuksen teoreettisessa osuudessa perehdytään aiheesta aiemmin tehtyihin tieteellisiin julkaisuihin ja tutkimuksiin. Tutkimuksen teoreettisen osuuden tarkoituksena on perehdyttää aiheeseen ja tarjota lähestymistapa (teoreettinen viitekehys) empiiriseen osuuteen. Tutkimuksen empiirisessä osuudessa perehdytään yrityksen nykytilaan haastatteluiden sekä yrityksen sisäisen materiaalin kautta. Kirjallisuuskatsauksen ja nykytilan kartoituksen pohjalta ollaan valmiita hahmottamaan malli, jota testataan ja täydennetään konstruktiivisen tapaustutkimuksen avulla sekä käytännön sovelluksen kautta tapaustutkimuksen kohteena toimivassa hankkeessa. Empiirisen osuuden viimeisessä vaiheessa esitetään tutkimuksen tulosten pohjalta johtopäätökset ja pohdintaa sekä tutkimuksen kautta esiin nousseet suositukset jatkokehitystoimenpiteille.



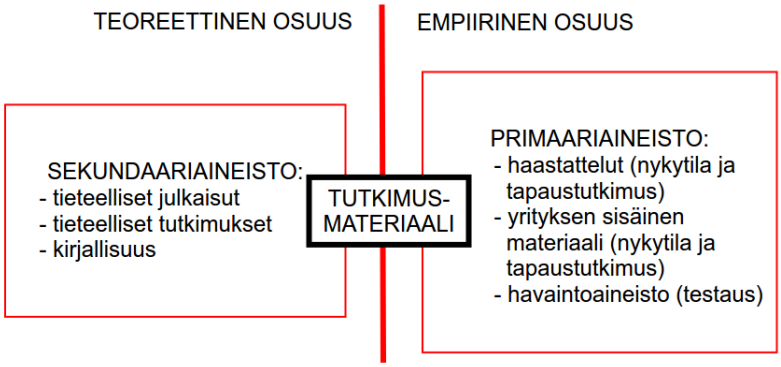
Kuva 12. Tutkimuksen rakenne.

3.1 Tutkimusmenetelmät

Tutkimus toteutetaan kvalitatiivisena (laadullinen) tapaustutkimuksena, joka tulee muodostumaan haastatteluista ja tilaajayrityksen kautta tapaustutkimuskohteesta sekä aiheesta saatavaan aineistoon perehtymisestä. Tutkimus koostuu eri osa-alueista, jotka tulevat täydentymään tutkimuksen edetessä tarpeen mukaan. (Hirsjärvi ym. 2009, s.162.) Teoreettinen viitekehys tutkimukselle on rakennusprosessin hallinta tuotantovaiheessa.

Tutkimuksen suorittamiseen soveltuu parhaiten konstruktiivinen tutkimusote, joka tarkoittaa ongelmanratkaisua muun muassa mallin eli konstruktion kautta. Aila Virtasen (2006) mukaan osa tieteellisen konstruktiivisen tutkimuksen suorittamista on kytkeä se aiempaan teoriaan, kirjallisuuteen ja tutkimukseen. Konstruktiivisessa tutkimuksessa tutkija laatii tutkimusongelman ratkaisua varten teoriaan perustuvan mallin, jonka toimivuus testataan ja todetaan käytännössä. (Virtanen 2006, s.47.) Tämän työn konkreettisena tavoitteena on laatia prosessikuvaus ympäristöluokitellun asuinkerrostalon rakennusprosessista, joten konstruktiivinen tutkimusotteella saadaan parhaiten varmistettua tämän tutkimuksen tieteelliset ja käytännölliset tavoitteet.

Teoksessaan *Tutki ja kirjoita* Hirsijärvi ym. (2009) jaottelevat tutkimuksessa käytettävän materiaalin primaari- ja sekundaariaineistoksi. Kuvassa 13 on esitetty tämän tutkimuksen vastaavanlainen jako. Primaariaineisto koostuu tutkimuksen empiirisen osuuden aikana tuotetusta omasta aineistosta tilaajayrityksen nykytilan kartoituksen varten, kuten haastatteluista ja tilaajayrityksen olemassa olevasta tietokannasta löytyvästä materiaalista. Primaariaineistoon luetaan mukaan myös tutkimuksen aikana kertynyt palaute- ja havaintoaineisto testauksen ja tapaustutkimuksen ajalta. Sekundaariaineisto koostuu lähinnä tutkimuksen teoreettisen osuuden aikana suoritetussa kirjallisuuskatsauksessa esiin tulleesta julkisesta materiaalista kuten aiheeseen liittyvistä aiemmista tieteellisistä julkaisuista ja tutkimuksista. (Hirsjärvi ym. 2009, s.186.)



Kuva 13. Tutkimuksessa käytettävä aineisto.

3.2 Haastattelut ja testaus

Tutkimuksen haastatteluosuudella kartoitetaan yrityksen nykytilaa sekä täydennetään tapaustutkimusta ympäristöluokitusten ja rakennusprosessin hallinnan näkökulmasta. Henkilöhaastattelut toteutetaan etukäteen laadittujen ja toimitettujen kysymysten avulla. Haastattelut suoritetaan tapaamisen kautta, jolloin haastattelut nauhoitetaan. Yrityksen sisäisesti haastatellaan tapaustutkimuskohteen työnjohtoa sekä kohteen aloittaneita projekti- insinööriä ja - päällikköä. Yhtiön sisäisesti haastatellaan toimitilarakentamisen yksiköstä ympäristöpäällikköä ja ympäristöinsinööriä sekä tytäryhtiönä toimivan suunnitteluyrityksen Optiplan Oy:n ympäristöasiantuntijaa.

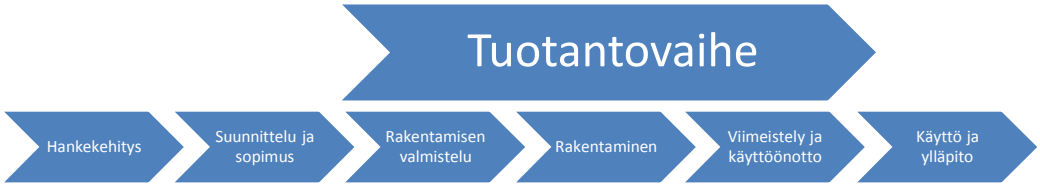
Tutkimustyön testaus suoritetaan tapaustutkimuskohteessa Vantaan Hakunilan Joutsenmerkki- kohteessa. Testauksen ajankohta sijoittuu rakennusprosessin tuotantovaiheen alkuun, lähinnä rakentamisen valmisteluvaiheeseen sekä rakentamisvaiheiseen. Testauksessa tutkitaan työmaan perehdytyksen soveltumista ympäristöluokituksen hakuprosessin kannalta oleellisen tiedon välittämiseen työmaan tuotantovaiheessa eri osapuolille. Työmaatoimintojen digitalisoituminen on saanut monen muun osa-alueen lisäksi myös perehdytyskäytäntöjen kehityksen alkuun. Yrityksen sisällä on perehdytyskäytännön digitalisointi käynnissä ja tämän tutkimuksen mukainen testaus saadaan luontevasti osaksi uuden digitaalisen perehdytyskäytännön pilotointia. Uudessa digitaalisessa perehdytyksessä on mahdollista korostaa visuaalisuutta, mikä lisää perehdytysaineiston tehokkuutta ja soveltuvuutta ympäristöluokiteltujen kohteiden tuotantovaiheessa.

Testauksen lähtötilanteen taustalla vaikuttaa hypoteesi: kirjallisuuskatsauksen perusteella ympäristöluokitusten toteuttamisen kannalta oleellisen tiedon välittäminen eri osapuolien kesken rakennusvaiheessa nähdään yhtenä suurimpana haasteena rakennusprosessin hallinnan kannalta. Joutsenmerkin kriteeristö oletetaan olevan entuudestaan tuntematon työmaan työntekijöille ja Joutsenmerkin kriteeristö asettaa pakollisia vaatimuksia tiedon välittämiselle hyväksytetyllä käytännöllä, johon digitaalisen perehdytyksen soveltuminen tutkitaan tämän tutkimustyön testauksen aikana.

4 NCC nykytila

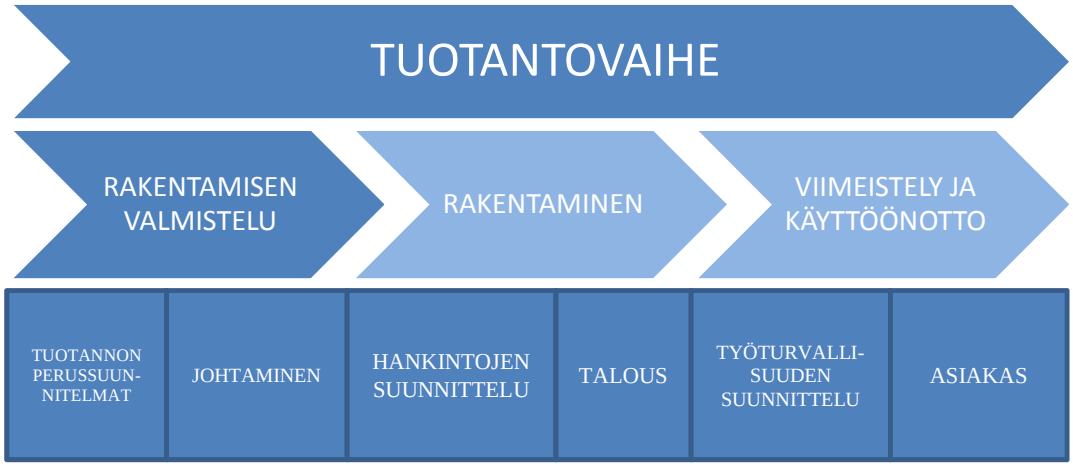
4.1 Talonrakennusprosessin tuotantovaihe

NCC:n toimintajärjestelmän mukaan rakennusprosessin tuotantovaiheeseen kuuluu kolme eri vaihetta, jotka ovat *rakentamisen valmistelu*, *rakentaminen* sekä *viimeistely ja käyttöönotto*. Tuotantovaihe sisältää aina samat vaiheet, riippumatta urakan toteutusmuodosta tai erityispiirteistä. Kuvassa 14 on esitetty NCC:n toimintajärjestelmän mukainen asuntorakentamisen yksikön prosessikaavio suunnittelua sisältävissä KVR-hankkeissa, jonka vaiheet vastaavat Kankaisen ja Junnosen (2000, s.9) sekä RT- kortiston (*RT 10- 11224)* kuvailemia tavanomaisten talonrakennusprojektien prosessikaavioita.



Kuva 14. NCC:n toimintajärjestelmän mukainen prosessikuvaus KVR- hankemuodolle (NCC:n toimintajärjestelmä 2017).

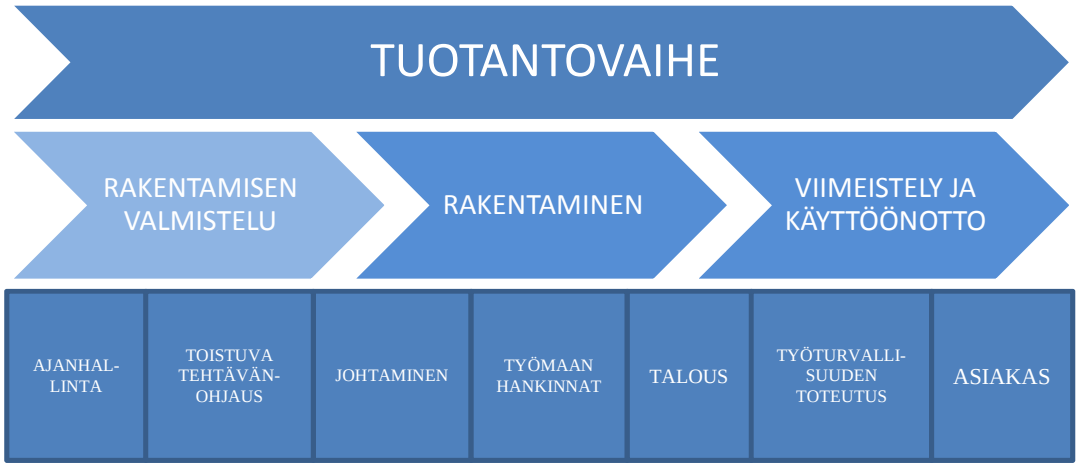
NCC:n toimintajärjestelmän mukaan tuotantovaiheen ensimmäinen vaihe on rakentamisen valmistelu. Rakentamisen valmistelu pitää sisällään tuotantovaiheen ennakkosuunnittelun ja työmaan suurimpien sopimushankintojen suunnittelun. Rakentamisen valmisteluvaiheessa määritellään myös lopullinen tuotanto- organisaatio sekä tuotantovaiheen tavoitteet. Rakentamisen valmisteluvaihe on jaettu kuvan 15 mukaisesti kuuteen eri osa-alueeseen, jotka ovat *tuotannon perussuunnitelmat, johtaminen, hankintojen suunnittelu, talous, työturvallisuuden suunnittelu* sekä *asiakas.*



Kuva 15. NCC:n toimintajärjestelmän mukainen rakentamisen valmisteluvaihe (NCC toimintajärjestelmä 2017).

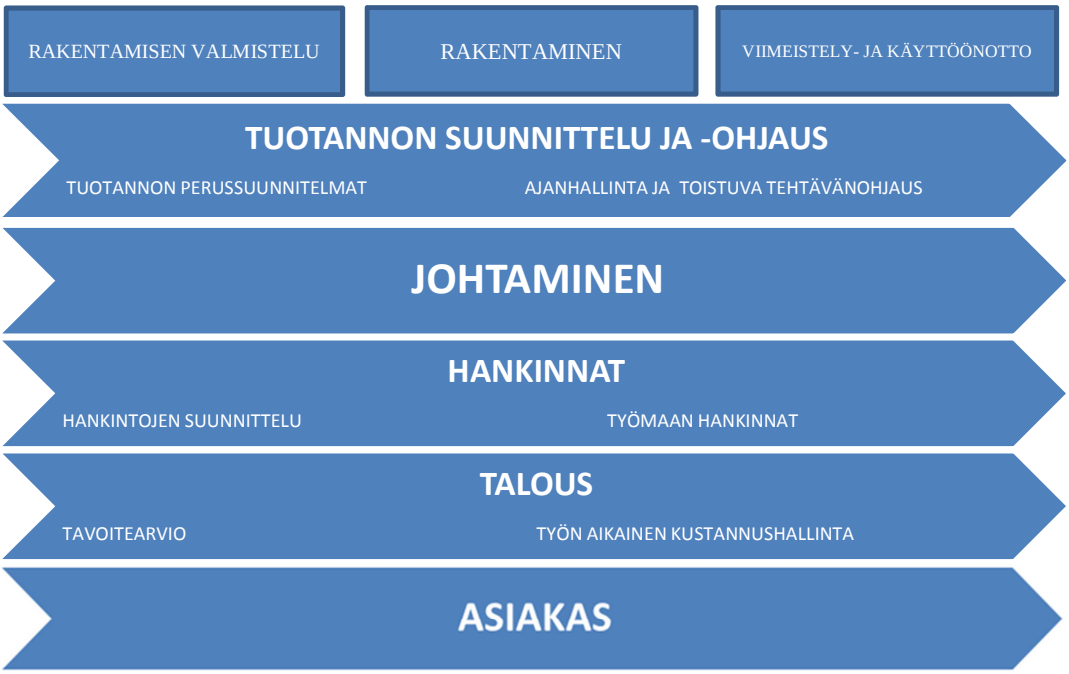
NCC:n toimintajärjestelmän mukaan tuotantovaiheen rakentamis- sekä viimeistely ja käyttöönottovaiheet sisältävät keskenään samat osa- alueet, jotka ovat *ajanhallinta, toistuva tehtävänohjaus, johtaminen, työmaan hankinnat, talous, työturvallisuuden toteutus* sekä *asiakas*. Tuotantovaiheen loppuvaiheet käsittävät niin sanotun työmaavaiheen eli

silloin konkreettinen rakentaminen tapahtuu. Nämä vaiheet osa-alueineen on esitetty toimintajärjestelmän mukaisesti kuvassa 16.



Kuva 16. NCC:n toimintajärjestelmän mukainen rakentamis- vaihe (NCC toimintajärjestelmä 2017).

Rakennusprosessin tuotantovaiheen eri osa- alueet toistuvat lähes samoina kaikissa kolmessa vaiheessa. Eri osa- alueiden tavoitteiden asettamista, toteuttamista sekä läpinäkyvyyttä voidaan helpottaa muodostamalla karkealla tasolla eri osa- alueista omat ydinprosessinsa prosessijohtamiselle ominaiseen tyyliin. Tämä on perusteltua tuotantovaiheessa myös siksi, että tuotantovaiheen toteutusorganisaatio pysyy koko tuotantovaiheen samana, jolloin vastuunjako eri osa- alueiden toteuttamisesta eivät vaihtele prosessin vaiheiden välein vaan osa- alueiden välein. Kuvassa 17 on esitetty NCC:n toimintajärjestelmän mukainen tuotantovaihe eri osa- alueista muodostettujen ydinprosessien mukaisesti, soveltaen aiemmin tässä työssä Hannuksen (2000) esittämää periaatetta ydinprosesseihin ja aliprosesseihin jaetusta prosessikaaviosta. Prosessikaaviosta on helppo erottaa eri osa- alueiden kulku ydinprosesseina tuotantovaiheen läpi. Tärkeää on tunnistaa toteutuksen kannalta tärkeät ydinprosessit, asettaa niille todennettavissa olevat tavoitteet ja vastuuttaa ne tuotannosta vastaaville henkilöille. Ydinprosessit lisäävät prosessin läpinäkyvyyttä ja sen hahmotuskykyä. Ydinprosessien mukainen jako lisää prosessin muutettavuutta ja tuotantovaiheeseen on helpompi lisätä uusia ydinprosesseja kuten ympäristöluokituksen mukainen hakuprosessi.



Kuva 17. NCC:n toimintajärjestelmän mukainen rakennusprosessin tuotantovaihe jaettuna prosessin läpileikkaaviin ydinprosesseihin.

4.2 Käytössä olevat työkalut

Tutkimuksen tavoitteena on laatia prosessikuvaus, jonka tulisi integroitua mahdollisimman hyvin tämän hetkiseen toimintamalliin. Prosessikuvauksen käyttöönotettavuuteen ja käytännöllisyyteen voidaan vaikuttaa sitomalla siihen tuttuja käytäntöjä ja työkaluja, joita tässä kappaleessa esitellään yrityksen toimintajärjestelmästä saatujen tietojen sekä haastatteluiden avulla. NCC:llä työmaatoimintojen kehityksessä on tällä hetkellä vahvasti esillä digitalisoituminen, joka antaa uusia työkaluja myös kestävän rakentamisen edistämiseen työmailla.

Kirjallisuuskatsauksen perusteella visuaaliset työkalut on koettu tuotantoa tehostaviksi työkaluiksi, joita on rakennustyömailla jo entuudestaan aktiivisessa käytössä. Visuaaliset työkalut nousevat esille myös kestävän rakentamisen prosessien edistämistä tutkittaessa ja digitalisaation sovellusten yleistyminen työmailla antaa uudet ulottuvuudet visualisoinnin hyödyntämiselle. Visuaalinen johtaminen tähtää oleellisen ja oikea- aikaisen tiedon välittämiseen tiedon vastaanottajan koulutustaustaa tai äidinkieltä huomioimatta. Visuaaliselle johtamiselle on luotu puitteet NCC:n työmailla. NCC:n työmailla on käytössä kuvan 18 mukaiset yhtenäiset työmaailmoitustaulut työmaatoimistoissa ja sosiaalitiloissa. Vaihtuvaa ja ajankohtaista tietoa välitetään työntekijöille myös digitaalinäyttöjen avulla. Lisäksi työmaaympäristössä ovat ilmoitustaulut yleistyneet, jolloin tieto saadaan vietyä myös lähelle työpisteitä. Ilmoitustauluilla saadaan luotua työpaikasta visuaalinen kaikkialla työmaalla ja tätä on tärkeä hyödyntää myös ympäristöluokitusten toteutusta koskevan tiedon välittämisessä. (NCC toimintajärjestelmä 2017.)

Kuva 18. NCC:n työmailla käytettävät työmaailmoitustaulut ovat kaikki samanlaisia (Tommi Peuhkuri, NCC Suomi Oy).

Visuaalinen johtaminen luo myös keinot oikean materiaalin käytölle ja käytön seurannalle työmaaolosuhteissa. Oikeiden sertifiointimerkintöjen selvittäminen työntekijöille luo edellytykset oikeiden materiaalien käytölle ja materiaalien käytön valvominen ja todentaminen onnistuu vaaditulla tasolla ainoastaan valokuvaamalla työmaaolosuhteissa käytettäviä materiaaleja. Kuvassa 19 on esitetty hyvä esimerkki rakennusmateriaalien sertifiointimerkinnöistä ja miten valvontaa voidaan dokumentoida valokuvaamalla.

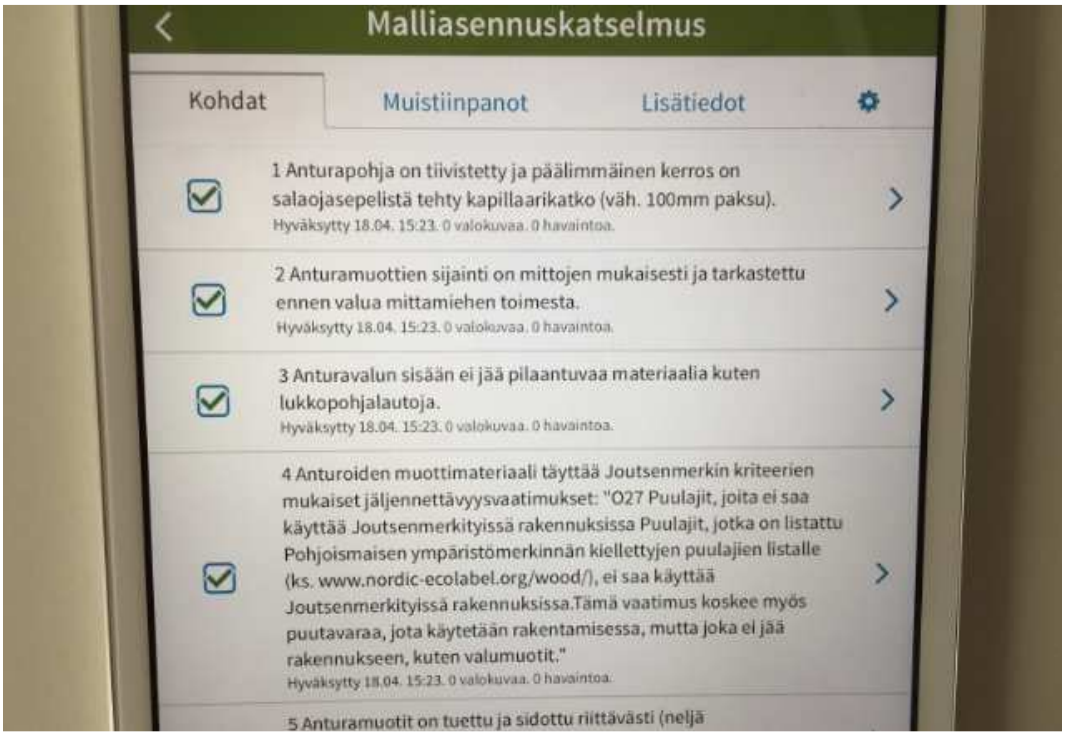
Kuva 19. Materiaalien oikeellisuus varmistetaan NCC:n työmailla visuaalisesti.

Työmaatoimintojen digitalisoitumisen myötä myös työmailla suoritettavat työntekijöiden perehdytyskäytännöt ovat siirtymässä sähköiseen muotoon. Digitaalinen perehdytys on tällä hetkellä NCC:n asuntorakentamisen työmailla vasta pilotointivaiheessa, mutta

selvää on että digitaalinen perehdytys tulee olemaan tulevaisuudessa käytössä kaikilla asuntorakentamisen työmailla. Digitaalinen perehdytys on etukäteen laadittu nettipohjaisella työkalulla, jossa on kaksi erillistä osaa: kaikille työmaille on laadittu yhteinen ja muokkaamaton yleinen moduuli, joka käsittelee perehdytykselle Valtioneuvoston asetuksessa (VNA 205/2009) asetetun lakisääteisen osan keskittyen lähinnä työsuojeluun ja työturvallisuuteen. Toinen moduuli on työmaakohtainen, joka on työmaahenkilöstön muokattavissa työmaata koskevien tietojen mukaiseksi. Perehdytys pidetään jokaiselle työmaalla työtä tekevälle henkilölle sekä NCC:n omille työntekijöille että ali- tai sivuurakoitsijoiden työntekijöille. Työmaan sähköinen perehdytys suoritetaan työntekijöiden toimesta aina ennen työmaalle tuloa tietokoneella ja perehdytyksen lopuksi perehdytystä suorittavaa työntekijää testataan tiedon omaksumisen suhteen. Sähköisen perehdytyksen lopuksi olevassa testissä sovellus arpoo perehdytyksen laatijan toimesta etukäteen laadittujen kysymysten joukosta satunnaisesti kysymykset lopputestiin ja 80 % kysytyistä kysymyksistä tulee olla oikein. Hyväksytystä suorituksesta työmaalle toimitetaan ennen työntekijän saapumista todistus, joka vielä varustetaan työmaan työnjohdon sekä työntekijän allekirjoituksella työmaalla ennen töiden aloittamista. Kuvassa 20 voimme nähdä kuinka uuden sähköisen perehdytyksen soveltuvuus visuaaliseksi työkaluksi korostuu.

Kuva 20. Sähköinen perehdytys on visuaalisesti tehokas työkalu, johon voidaan liittää muun muassa perehdytystä tukevia kuvia ja videoita.

NCC:n asuntorakentamisen työmailla laadunvarmistuksen työkaluksi on otettu käyttöön mobiiliapplikaatio nimeltään Congrid, jolla pystytään tuotantovaiheen suunnitelmien mukainen toteutus todentamaan ja dokumentoimaan sähköisesti. Congrid- laadunvarmistusjärjestelmä pohjautuu työmaan kohdekohteistamiin tarkastuslistoihin, joihin jokaiselle eri tehtävälle on määritelty kohteen erityispiirteet huomioivat kriteerit. Tarkastuslistoihin saadaan helposti lisättyä työmaan erityispiirteitä kuten ympäristöluokituksen kriteerien mukaiset vaatimukset muun muassa rakennusmateriaalien ja teknisten ratkaisujen suhteen, joten ympäristöluokitusten vaatimat laadunvarmistustoimenpiteet sekä materiaalin seuranta ja dokumentointi pystytään hoitamaan vaaditulla tasolla nykyisillä työkaluilla. Kuvassa 21 on esitetty esimerkki Congrid- applikaation tarkastuslistasta, johon voidaan vaivattomasti liittää myös työvaiheesta otettuja valokuvia.



Kuva 21. Congrid- applikaation tarkastuskorttiin voidaan helposti lisätä Joutsenmerkki-kriteeristön vaatimuksia sekä lisätä tehtyyn tarkastukseen valokuvia.

Ympäristöluokituksen mukaisten kriteerien toteutus tulee olla osa työmaan tavoitteita ja vastuunjakoa. Ympäristöluokituksen hakuprosessiin liittyvistä toimenpiteistä tulee laatia vastuunjakotaulukko, joka auttaa kriteerien suorittamisen valvontaa ja vastuuttaa kriteerien suorittamisen kriteerikohtaisesti tietylle henkilölle, joka vastaa omien kriteerien suorittamisesta ja toteutumisesta. NCC:n toimitilahankkeissa rakennettaessa BREEAM- ja LEED- luokituksia käytetään koko hakuprosessia koskevia vastuunjakotaulukoita, joita voidaan rakennusprosessin eri vaiheissa täydentää prosessin edetessä. Kuvassa 22 on esimerkki NCC:n tytäryhtiön Optiplan Oy:n käyttämästä vastuunjakotaulukosta NCC:n BREEAM- luokitellun toimistorakennuksen hakuprosessin aikana. (H4,K2.)

Liability distribution / Vastuunjako

- V — Principal responsibility / Päävastuu
- T — Draw up the evidence material / Laadi todistusaineistoa
- T* — Will be checked in assessor's final inspection / Tarkastetaan arvioitsijan lopputarkastuksessa

Colours / Värit

- Evidence accepted / Todistus on hyväksytty
- The evidence provided is inadequate, contact the assessor / Toimitettu todistusaineisto on riittämätön, ota yhteyttä arvioitsijaan
- Evidence has not been recieved / Todistusta ei ole toimitettu

Remark! The liability distribution is a assessor proposal, it will be updated according to developers wishes.
Huom! Alla esitetty vastuunjako on arvioitsijan ehdotus, jota muokataan rakennuttajan toiveiden mukaiseksi.

ISSUE KYSYMYS	SUMMARY OF THE REQUIREMENTS TIIVISTELMÄ VAATIMUKSISTA	A. Developer A. Rakennuttaja	B. Main Contractor B. Pääurakoitsija	C. BS Specialist C. Talo-asiantuntija	D. Architecht D. Arkkitehti	E. Structural Design E. Rakenteet	F. HVAC Design F. LVIA-suunnittelija	G. Electrical Design G. Sähköt	H. Other specialist H. Muu asiantuntija	I. BREEAM assessor I. LEED-Kaksi	J. Kaksi	Max Maksimi	Target Tavoite	Scores Pisteet	Comment Kommentti
1. MANAGEMENT 1. JOHTAMINEN															
Man 01 - Kestävät toimintatavat Man 01 - Sustainable procurement												9	9	0	
Projektin ohjeistus ja suunnittelu Integrated design process	1. Projektin osapuolten roolit ja vastuualueet määritellään hankkeen eri vaiheissa 2. Roolien ja vastuualueiden määrittelyssä huomioidaan mm. loppukäyttäjän vaatimukset, tavoitteet, erikoisasennukset, käyttäjän budjetti ja tekninen ymmärrys, käytettävyys ja huollettavuus, dokumentointi, käyttöönottotarkastukset, koulutus ja tuki 3. Laaditaan suunnitelma rakennuksen käyttäjille suunnattavasta koulutuksesta	V										1	1		
AP initial target setting	4. Hankekehitysvaiheessa BREEAM AP nimetään auttamaan BREEAM-tavoitteiden täyttämisessä 5. Suoritustavoite BREEAMin suhteen kirjataan tilaajan ja projektitiimin välisiin sopimuksiin 6. Suunnitteluvaiheen arvioinnissa saavutetaan alussa määritetyt tavoitteet	V										1	1		
AP feasibility and design phase	7. Vaatimukset 4-6 täytetään 8. BREEAM AP seuraa tavoitteiden saavuttamista osallistumalla tärkeisiin projektitiimin kokouksiin 9. AP raportoi edistymisestä säännöllisesti projektitiimille	V							T			1	1		
AP construction phase	10. BREEAM AP nimetään auttamaan BREEAM-tavoitteiden täyttämisessä rakentamisvaiheessa ennen töiden aloitusta 11. BREEAM-tavoitteet sisällytetään pääurakoitsijan sopimukseen 12. AP raportoi edistymisestä säännöllisesti projektitiimille 13. Toteutusvaiheen arvioinnissa saavutetaan alussa määritetyt tavoitteet	V							T			1	1		
Rakentaminen ja luovutus Construction and handover	14. Pääurakoitsija tekee lämpökameramittauksen TAI 15. Ilmativyysmittauksen ja näissä havaitut viat korjataan		V									1	1		
	16. Soveltuva projektitiimin jäsen nimetään vastaamaan taloteknisten laitteiden 17. Pääurakoitsija vastaa taloteknikan tarkastuksista ja sisällyttää vastuunjaon ja 18. Taloteknikan asiantuntija nimetään vastaamaan monimutkaisista järjestelmistä suunnitteluvaiheesta käyttöönottovaiheeseen		V	T								1	1		
	19. Vaatimukset 16-18 täytetään 20. Kaikki taloteknisetjärjestelmät sisällytetään tarkastusaikataulun ja tarkastukset suoritetaan annettuja standardeja noudattaen		V	T								1	1		
Jälkiseuranta Aftercare	21. Taloteknikan kausittaiset testaukset suoritetaan 12 kk:n ajanjaksolla käyttöönotosta (mm. kesähelteet, talvipakkaset, välkaudet). Sisältää käyttäjien haastattelun	V	T	T								1	1		
	22. Kohteen energian- ja vedenkulutusta seurataan vuoden ajan käyttöönotosta ja epäkohtiin puututaan 23. Rakennuksen käyttäjille annetaan koulutusta laitteiden käytöstä sekä lähtökea vähintään 4 viikon ajan luovutuksesta ja etätukea 12kk:n ajan	V	T	T								1	1		
Man 02 - Työmaan vastuulliset toimintatavat Man 02 - Responsible construction practices												2	2	0	
	1.Työmaa täyttää turvallisuuteen, ympäristöön ja naapurustoon liittyvistä 2.Työmaa täyttää kaikki kohdat (2p)		V									2	2		
Man 03 - Työmaan ympäristövaikutukset Man 03 - Construction site impacts												5	4	0	
	1. Työmaalle nimetään vastuuhenkilö(t) hoitamaan seuraavia vaatimuksia:		V										0		
Energiankulutus	2. Työmaan energiankulutusta seurataan koko rakentamisen ajan		V									1	1		

Kuva 22. Esimerkki BREEAM- kohteessa käytetystä vastuunjakotaulukosta rakennusprosessin tuotantovaiheessa (Karoliina Lietonen, Optiplan Oy/ BREEAM AP).

4.3 Kestävä rakentaminen tuotantovaiheessa

Kestävä kehitys on keskeinen osa NCC- konsernin strategiaa ja visiota. NCC Suomi Oy kehittää toimintaansa jatkuvasti kohti kestävämpää rakentamista ja on selvästi Suomessa yksi kestävän rakentamisen edistämisen edelläkävijöistä. Kestävä kehitys konkretisoituu NCC:n toiminnassa ympäristö- ja elinkaaripalveluina, joihin lukeutuu muun muassa ympäristöluokiteltujen kohteiden ja elinkaarihankkeiden rakentaminen, sisäilmaolosuhteisiin ja materiaalitehokkuuteen keskittyminen, energiantehokkuuteen ja elinkaarijohtamiseen panostaminen sekä vastuullisen työmaa- toimintamallin kehittäminen ja käyttöönotto. (NCC toimintajärjestelmä 2017.) Ympäristö- ja elinkaaripalvelut asettavat huomioon otettavia vaatimuksia myös rakennusprosessien tuotantovaiheeseen, minkä aikana suunnitellut toimenpiteet laitetaan käytäntöön ja todennetaan tehdyiksi.

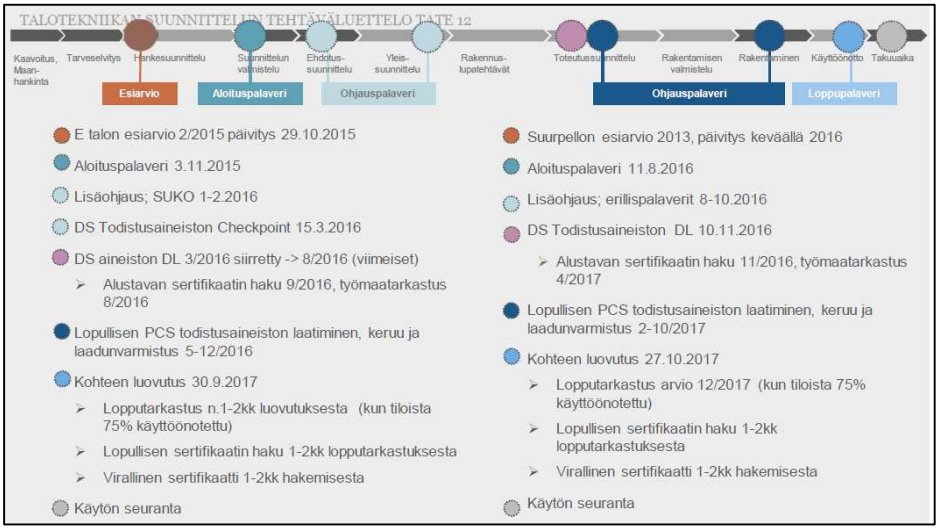
NCC Suomi Oy rakentaa tällä hetkellä ympäristöluokiteltuja kohteita kaikilla talonrakennuksen toimialoilla. NCC:n panostaa BREEAM- sertifioitujen kohteiden toteuttamiseen, ollen kansainvälisesti arvostetun luokituksen toteutuksen edelläkävijä Suomessa. (H3,H4, NCC toimintajärjestelmä 2017, GBCF 2017.) NCC:n toteuttamat BREEAM-luokitellut rakennukset ovat toimistorakennuksia ja liike- tai tavarataloja. NCC Suomi Oy:n referensseihin kuuluu muun muassa Suomen ensimmäinen ja maailman kolmas BREEAM- sertifioitu toimistorakennus Lahden Duo, Suomen ensimmäinen BREEAM-Excellent arvosanan saanut toimistorakennus Aitio Business Park Helsingissä sekä 15 muuta BREEAM- luokiteltua kohdetta pääkaupunkiseudulla, Jyväskylässä, Tampereella ja Hämeenlinnassa. NCC:n Suomi Oy on Suomessa toteuttanut myös LEED- sertifioituja rakennuksia, joita ovat muun muassa viimeisimpänä kauppakeskus Iso Omenan laajennus Espoon Matinkylässä sekä Suomessa ensimmäisenä LEED- Gold arvosanan saanut hotelli ja korjauskohde Hotel Indigo Helsingin Bulevardilla. Konsernitasolla

NCC:llä on BREEAM- ja LEED- luokitusten lisäksi kokemuksia miljöbyggnad-, Joutsenmerkki-, Cequal- ja DNGB- luokituksista. (NCC Toimintajärjestelmä 2017.)

NCC:llä ympäristöluokituksen toteutuksen koordinointi ja arviointi on osin ulkoistettua. NCC Suomi Oy:n tytäryhtiönä toimiva suunnitteluyritys Optiplan Oy tarjoaa suunnittelupalveluiden lisäksi elinkaaripalveluita, joihin kuuluu muun muassa BREEAM- ja LEED- luokitusten lähtöselvitysten tekeminen, jossa arvioidaan mahdollisen ympäristöluokitellun kohteen kohdekohtaiset mahdollisuudet ja tavoitteet hankkeelle jo ennen rakennussuunnitteluvaiheen alkamista. Optiplan nostaa esiin ympäristöarvioinnin ja ympäristöluokituksen onnistuneen toteutuksen kannalta muun muassa seuraavia asioita, joita tulee huomioon rakennusprosessin kaikissa vaiheissa:

- projektin eri osapuolien sitoutuminen tavoitteisiinsa
- kohdekohtaisen strategian laadinta
- osapuolten ymmärrys omista vastuistaan
- valittujen ratkaisujen integrointi osaksi olemassa olevaa suunnittelu- ja rakentamisprosessia (H4,K2.)

Hyvä esimerkki kohdekohtaisen BREEAM- arvioinnin eri vaiheista on esitetty kuvassa 23. Esimerkkikohteessa rakennetaan tällä hetkellä kaksi toimistotaloa, joiden toteutuksesta vastaa NCC ja arvioinnista Optiplan. Arvioinnin vaiheet on sijoitettu prosessin eri vaiheisiin ja kuten kuvasta nähdään ympäristöluokituksen vaiheet sijoittuvat koko rakennusprosessin ajalle hankesuunnitteluvaiheesta aina käyttöönottoon ja takuuaikaan asti.(K2.)



Kuva 23. BREEAM- arvioinnin vaiheet toimistotalon rakennusprosessissa (Optiplan Oy 2017).

Ympäristöluokitusten lisäksi NCC:llä on tarjota rakennusten toteutusmuodoksi elinkaarimallia, jossa NCC ottaa pitkäaikaisen vastuun rakennuksen suunnittelusta, rakentamisesta sekä kiinteistön ylläpidosta, kunnossapidosta, energiankulutuksesta ja toimintaolosuhteista (H3.) Elinkaarimalli on lähellä Tarja Häkkisen esille nostamaa, kestävän rakentamisen toteutusmuodoksi sopivaa, Design – Built – Operate – Maintain - toteutusmuodon mallia (Häkkinen 2011, s.21). Elinkaarimallilla toteutetusta hankkeesta hyvä esimerkki on Espoossa sijaitseva Mainingin koulurakennus, jonka NCC peruskorjasi ja sitoutui koulurakennuksen ylläpitoon ja kiinteistön huoltoon 25 vuodeksi. Elinkaari-

hankkeita on NCC:llä toteutettu toistaiseksi ainoastaan koulu- ja päiväkotirakennuksille. (H1,H3.)

Rakennusten sisäilmaolosuhteisiin NCC:n toimintamallissa panostetaan toimivan taloteknisen suunnittelun ja toteutuksen lisäksi rakennuksen tuotantovaiheen aikana työmaaolosuhteiden hallintaan, joihin ympäristöluokituksetkin asettavat vaatimuksensa. Hyvä esimerkki pitkälle kestävän rakentamisen periaatteiden mukaisesti suunnitellusta ja huolellisesti toteutetusta työnaikaisesta olosuhteiden hallinnasta on vuoden 2014 työmaaksikin valittu NCC:n toteuttama kansalliskirjaston korjaustyömaa, jossa muun muassa työmaalla vallitsevia kosteus ja lämpöolosuhteita valvottiin reaaliaikaisesti koko ajan ja olosuhteita optimoivia toimenpiteitä tehtiin ennakoiden. (NCC Toimintajärjestelmä 2017.)

Siirryttäessä energiatehokkaampiin uudisrakennuksiin rakennusmateriaalien valmistuksen päästövaikutus koko rakennuksen elinkaaren aikaisista päästöistä korostuu. Materiaalitehokkuuteen vaikutetaan NCC:llä rakennusprosessin aikana panostamalla suunnitelmien materiaalitehokkuuteen, joka rakennusmateriaalien säästöjen muodossa pienentää rakentamisen aikaista hiilijalanjälkeä ja pienentää rakennuksen investointikustannuksia. (NCC Toimintajärjestelmä 2017.)

Energiatehokkuus on pääosin rakennusprosessin suunnitteluvaiheessa huomioon otettava asia tähdättäessä rakennuksen käytön aikaiseen energiasäästöön. NCC:llä rakennuksen energiatehokkuuteen tuotantovaiheessa vaikutetaan energiatehokkaiden ja huolellisesti toteutettujen ulkoilmaan rajoittuvien vaipparakenteiden kautta. Rakentamisen investointi- sekä käyttökustannuksien huomioiminen tuotannonsuunnittelussa parantaa rakennuksen energiatehokkuutta. Keskittymällä investointikustannusten sijasta rakennuksen käytön aikaisiin kustannuksiin antaa se perusteet suurimpien investointien suuntaamisella rakennuksen toiminnassa sinne missä niillä on mahdollisimman suuri hyöty käytön aikana. (NCC Toimintajärjestelmä 2017.)

NCC:n kehittämä konsepti vastuullinen työmaa- toimintamalli ohjaa työmaan toimintaa rakennusprosessin tuotantovaiheessa, jossa työmaa toimii kestävän kehityksen ja sertifioitujen laatu ja ympäristöohjelmien mukaisesti. Toimintamalli ottaa huomioon kestävän kehityksen eri näkökulmat ja työmailla panostetaan muun muassa seuraaviin kestävyysnäkökohtiin:

- Turvallisuuskulttuuri
- Päästöt
- Vuorovaikutus naapureiden kanssa
- Reilut työskentelyolosuhteet
- Materiaalivalinnat
- Jätehuolto
- Energian käyttö
- Reilu liiketoiminta ja toimitusketjujen hallinta
- Kestävyysriskit (NCC Toimintajärjestelmä 2017.)

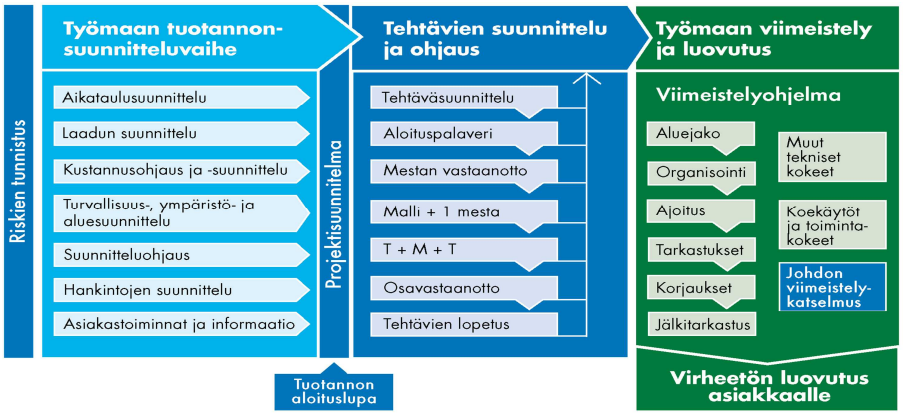
NCC:n työmaatoimintaa ohjaava ympäristöjärjestelmä on ISO 14001- sertifioitu[8], jossa on määritelty resurssit, prosessit ja menettelyt, joilla sitoudutaan suojelemaan ympäris-

[8] ISO 14001 on maailman tunnetuin ympäristöjärjestelmämalli, joka auttaa organisaatioita parantamaan ympäristösuojelunsa tasoa ja osoittamaan ympäristöasioiden hyvää hoitoa. ISO 14001 kuuluu kansainvälisessä standardoimisjärjestössä vahvistettuun 14000- sarjan ympäristöjärjestelmästandardeihin. (SFS ry 2017.)

töä ja edistämään kestävän rakentamisen mukaisia ratkaisuja. Ympäristöjärjestelmä on ennen kaikkea työkalu ison organisaation ympäristöasioiden hallintaan ja johtamiseen. Ympäristöjärjestelmän mukaisesti työmailla laaditaan rakentamisen valmisteluvaiheessa projektikohtainen ympäristösuunnitelma, joka sisältää tunnistetut ympäristö- ja terveysriskit sekä kuvaukset kohteen ympäristönäkökohdista ja niiden hallintakeinoista:

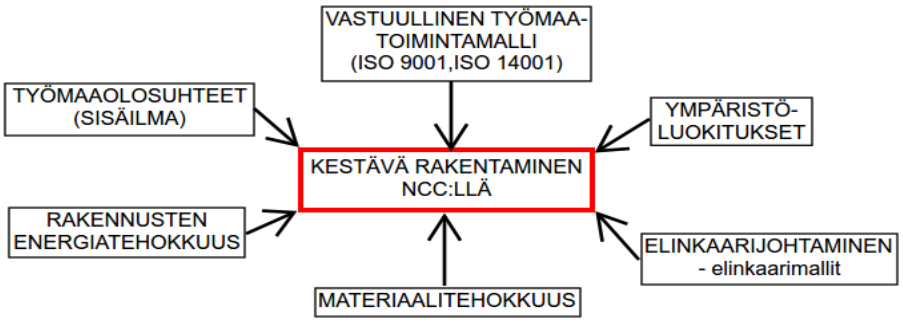
- Valmiin kohteen ympäristövaatimukset
- Maaperän pilaantuneisuus
- Ympäristöriskien hallinta
- Jätteiden käsittely
- Työmaan energiankäyttö
- Lähiympäristön huomioiminen (NCC Toimintajärjestelmä 2017.)

NCC:n tuotantovaiheessa käytössä oleva laatujärjestelmä pohjautuu ISO 9001- standardiin[9], minkä perusteella NCC:n korkea laatu perustuu alan uusimpiin ja käytössä testattuihin toimintamalleihin kaikilla osa-alueilla. Tuotantovaiheen eri osa- alueet ovat tuotannonsuunnittelu, työmaiden ohjaus ja tuotanto. Eri tuotantovaiheet on esitetty kuvassa 24.



Kuva 24. ISO 9001- standardin mukainen lähestymistapa laadunhallintaan, jossa on eroteltuna selvästi eri vaiheet: tuotannonsuunnittelu, tehtävien suunnittelu ja ohjaus, työmaan viimeistely ja luovutus (NCC Toimintajärjestelmä 2017.)

Kuvassa 25 näemme vielä yhteenvetona NCC:n talorakennusprosessien tuotantovaiheen toimintamalleihin vaikuttavat, kestävää rakentamista edistävät tekijät.



Kuva 25. Kestävä kehityksen eri näkökulmat otetaan NCC:n työmailla huomioon.

[9] ISO 9001 on kansainvälisessä standardoimisjärjestössä vahvistettu standardi laadunhallintajärjestelmien vaatimuksista (SFS ry 2017).

4.4 Malli prosessikuvauksesta

Kestävä kehitys tulee olemaan osa NCC:n toimintaa jatkossakin. Strategian mukainen toiminta ja kehitys ovat jo varsin lähellä ympäristöluokitusten mukaista rakentamista ja monella osa- alueella tämän hetkinen työmaatoiminta rakennusprosessin tuotantovaiheessa jo riittää luokitusten kriteerien mukaiseen toteutukseen.

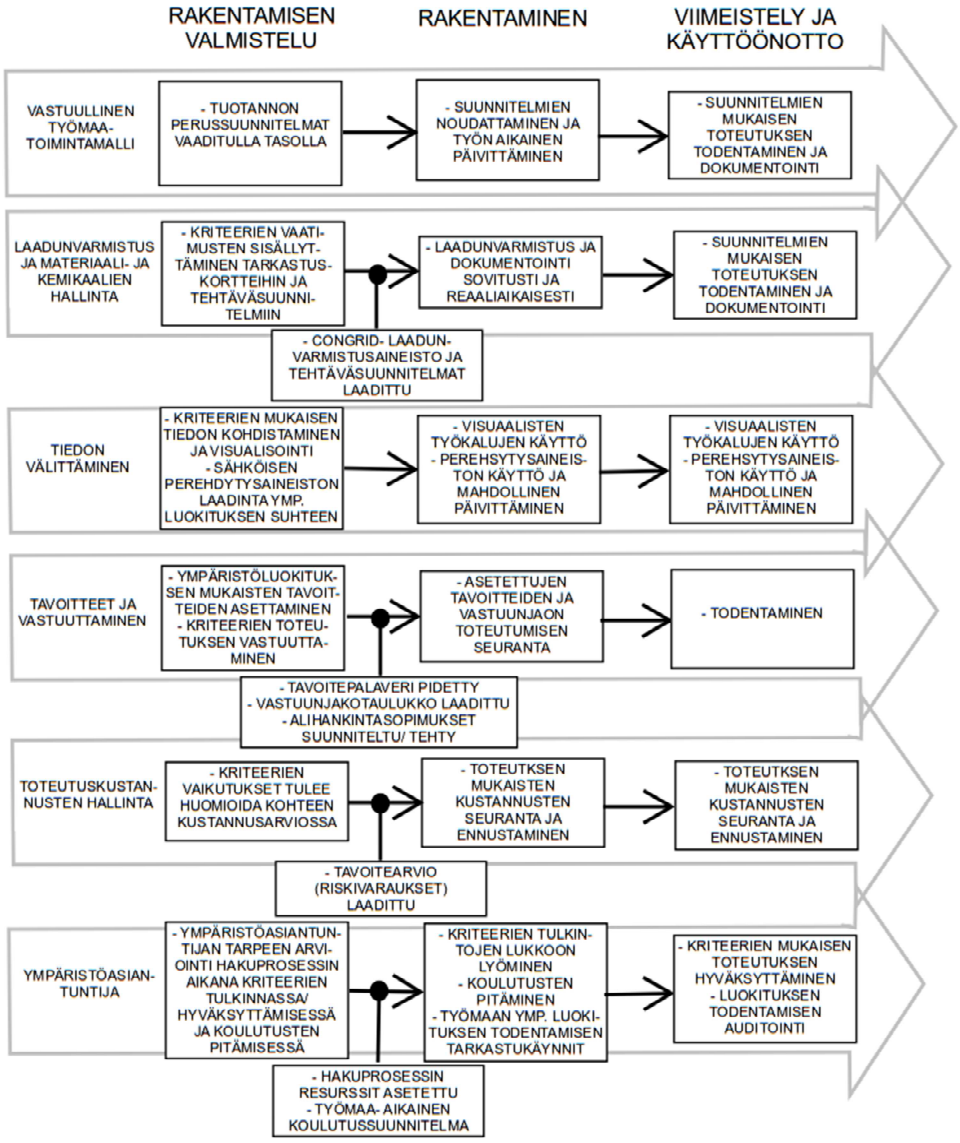
Tutkimusongelman kannalta on oleellista selvittää tuotantovaiheessa huomioon otettavia asioita rakennettaessa ympäristöluokiteltua asuinkerrostaloa ja nämä asiat tulee näkyä laaditussa prosessikaaviossa. Prosessikaavion integroitumista osaksi nykyistä toimintaa ja sen käytännön soveltuvuutta on pyritty optimoimaan käyttämällä ympäristöluokitusta työkalun tapaan osana nykyisiä toimintatapoja ja sovelluksia. Konstruktiivista tutkimusotetta tukee kirjallisuuteen ja nykytilan kartoitukseen kytketty malli eli konstruktio, joka muodostuu tämän tutkimuksen osalta seuraavista asioista:

- Prosessikaavion laadinnassa on huomioitava sen soveltuvuus kaikkien käyttöön työmaalla: prosessikaavion tulee olla selkeä, rakenteeltaan yksinkertainen ja visuaalinen. NCC:n työmailla on visuaalisten työkalujen käytölle puitteet olemassa ja prosessikaavion visuaalisen käytön tehokkuuteen voidaan vaikuttaa kirjallisuuskatsauksessa esiin nostetuilla seikoilla kuten lopputuloksen kannalta oleellisen tiedon välittäminen, informaation visuaalinen muoto lisää ymmärrettävyyttä. Prosessikaavion tulee soveltua visuaaliseen käyttöön.
- Prosessikaaviossa korostetaan vastuullinen työmaa- toimintamallin toteuttamista. Tärkeää on tunnistaa selvästi eri tehtävien kuin ympäristöluokituksen kriteerien toteutuksessakin selvästi eri vaiheet, jotka ovat tuotannonsuunnittelu, tehtävien suunnittelu ja ohjaus sekä viimeistely ja käyttöönotto. Nykytilan kartoituksen mukaan NCC:llä on käytössä toimintamalli, joka tukee kestävän rakentamisen tavoitteiden saavuttamista. Toimintamallia tulisi monipuolisesti käyttää ja tarvittaessa kehittää asuntorakentamisenkin työmailla.
- Käytettävän ympäristöluokituksen kriteeristön mukaiset vaatimukset tulee selvittää työmaan kaikille osapuolille tuotantovaiheen kaikissa vaiheissa. Tiedon välittämisessä tulee soveltaa jo käytössä olevia ja visuaalisia työkaluja. Kirjallisuuskatsauksessa kestävän rakentamisen tunteminen ja toteutuksen mukaisen tiedon välittäminen koettiin yhdeksi suurimmaksi haasteeksi rakennusprosessin hallinnan kannalta.
- Ympäristöluokituksen hakemisen kannalta on asetettava tuotantovaiheen alussa yhteiset tavoitteet ja jokainen kriteeri tulee vastuuttaa työmaan työnjohdon kesken. Aliurakoitsijoiden ympäristöluokituksiin liittyvät tavoitteet ja vastuuttaminen tulee näkyä alihankintasopimuksissa. Kestävän rakentamisen ja ympäristöluokitusten kriteerien mukaisen toteuttamisen mukaisten tavoitteiden asettaminen sekä kaikkien osapuolien sitouttaminen nähtiin kirjallisuuskatsauksessa yhtenä suurimmista haasteista rakennusprosessin hallinnan kannalta.
- Ympäristöluokitusten mukaiset mahdolliset kustannusvaikutukset tulee ottaa huomioon tuotantovaiheen tavoitearviosta ja työn aikana suoritettavissa kustannusennustuksissa. Kirjallisuuskatsauksen mukaan ympäristöluokitusten mukaisen toteutuksen yksi suurimmista haasteista sekä liiketoiminnallisesta että prosessinhallinnan näkökulmasta on suuret toteutuskustannukset. Toteutusvaiheen kustannusten suunnittelussa ja seurannassa tulee ottaa ympäristöluokitusten asettamat vaatimukset huomioon.
- Ympäristöluokitusten mukaiset kriteerit on sisällytettävä eri työvaiheiden laadunvarmistuksessa käytettäviin tarkastuskortteihin. Tarkastuskorteissa tulee ottaa mahdolliset dokumentointivaatimukset huomioon kuten valokuvan ottaminen. Nykytilan kartoituksen mukaan NCC:llä on laadunvarmistus jo vaaditulla

tasolla, mutta ympäristöluokitusten vaatimukset tulee sisällyttää kohdekohtaiseen laadunvarmistusaineistoon.

- Ympäristöasiantuntijan rooli tulee arvioida kohdekohtaisesti ympäristöluokituksen hakuprosessin koordinoinnissa, konsultoinnissa sekä tuotantovaiheen aikaisen koulutustarpeen suhteen. Kirjallisuuskatsauksen perusteella kestävän rakentamisen vaatimukset tunnetaan vielä huonosti rakennusalalla ja asiantuntemukseen tulisi ympäristöasioiden suhteen enemmän panostaa. Nykytilan kartoituksen perusteella NCC:llä käytetään muilla toimialoilla ympäristöasiantuntijoita ympäristöluokiteltujen kohteiden hakuprosessien koordinoinnissa ja luokituksen hakemisessa.

Kirjallisuuskatsaukseen ja nykytilan kartoitukseen perustuva malli ympäristöluokitellun asuinkerrostalon tuotantovaiheen prosessikaavio on esitetty kuvassa 26:



Kuva 26. Prosessikuvauksen malli ympäristöluokitellun asuinrakennuksen tuotantovaiheeseen.

5 Testaus

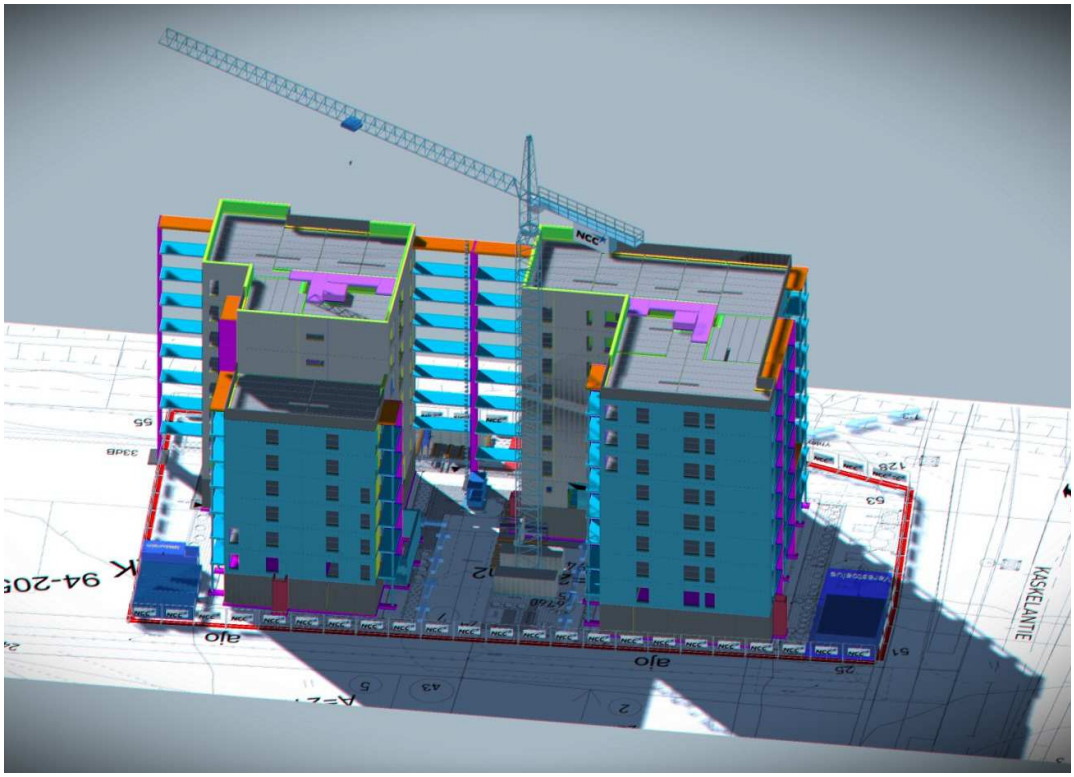
Tutkimustyön testaus pitää sisällään kaksi erillistä osaa. Ensimmäisessä osassa tehdään tapaustutkimus asuntorakentamisen yksikön meneillään olevasta Joutsenmerkkiä hakevasta asuntokohteesta, joka on toteutettu kehityshankkeena yhden suurimman asiakkaan kanssa. Tapaustutkimuksessa verrataan työmaan tähänastista toteutusta laadittuun prosessikuvauksen malliin, jota täydennetään tapaustutkimuksen aikana nousevilla asioilla tarvittaessa. Tapaustutkimus on suoritettu toimintajärjestelmästä saatavan materiaalin tutustumisena sekä kohteen toteutukseen osallistuvien henkilöiden haastatteluilla.

Tutkimustyön testauksen toisessa osassa testataan Joutsenmerkin kriteerien mukaisten vaatimusten ja tiedon välittämistä työmaan tuotantovaiheeseen osallistuville työntekijöille ja työnjohdolle. Tutkimuksen mukaan ympäristöluokituksen kriteerien mukaisen ja kestävän rakentamisen mukaisen tiedon välittäminen koetaan tuotantovaiheen aikana suurimmaksi haasteeksi, jolle ei löydy suoraan NCC:n toiminnasta jo valmiiksi testattua ja hyväksi todettua käytäntöä. Digitaalinen perehdytys on tällä hetkellä NCC:n asuntorakentamisen yksikön pilotoinnissa ja Joutsenmerkin toteutusta tukevaa perehdytysaineistoa oli tämän työn puitteissa mahdollista testata digitaalisen perehdytyksen pilotoinnin yhteydessä. Joutsenmerkin toteutusta koskeva perehdytysaineisto testattiin oikeissa työmaaolosuhteissa tapaustutkimuskohteessa työmaan työntekijöillä sekä kohteen toteutukseen osallistuvilla henkilöillä.

Tutkimustyön testaus on osa ympäristöluokituksen prosessikaavion mallin testausta ja täydentämistä sekä sen käytännöllisyyden toteamista. Lisäksi tapaustutkimuskohteeseen perehtyminen antaa käytännön kokemuksen omaista tietoa siitä, mitä ympäristöluokitellun asuinrakennuksen rakennusprosessissa tulee ottaa huomioon ja mitkä ovat kohteen toteuttamisen suhteen mahdollisuudet yksikön ja koko yhtiön tasolla, yhden työmaan ja projektin näkökulmasta.

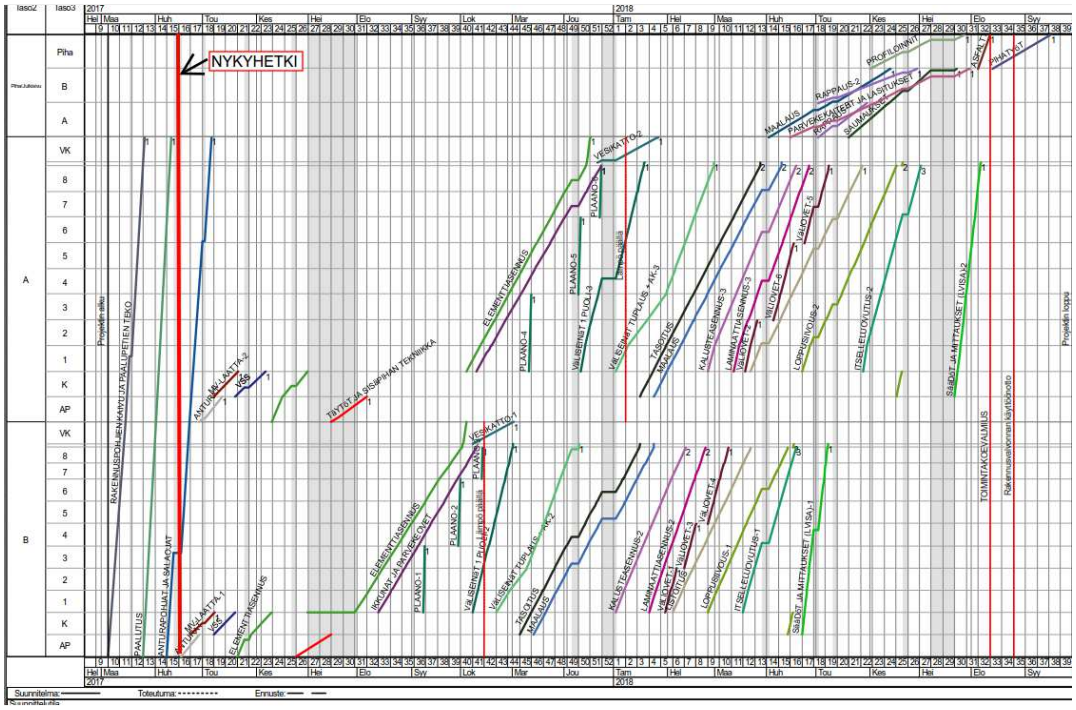
5.1 Tapaustutkimus Case VAV Kaskelantie 1

Tutkimustyön tapaustutkimuskohde on NCC asuntorakentamisen yksikön rakenteilla oleva asuinkerrostalo Vantaan Hakunilassa. Kohde on asuntorakentamisen yksikön ja samalla NCC Suomi Oy:n ensimmäinen ympäristöluokiteltu asuntokohde ja tulee suunnitellulla toteutuksella olemaan Suomen suurin Joutsenmerkitty asuinkerrostalo. Kohde toteutetaan kehityshankkeena yksikön yhdelle suurimmista asiakkaista, VAV Asunnot Oy:lle. NCC:llä on Joutsenmerkittyjä asuntokohteita jo rakennettu muissa pohjoismaissa ja NCC Suomi Oy:llä on muilla toimialoilla muista ympäristöluokituksista kokemusta. Kehityshankkeen lähtökohtana on ollut se, että rakennuttajalla oli tontti, johon lähdettiin suunnittelemaan Joutsenmerkittyä asuinrakennusta. Asuntorakentamisen yksiköllä ei ole aikaisempaa kokemusta ympäristöluokitusten toteutuksesta, mistä johtuen rakennusprosessin alkuvaiheessa on oltu tiiviissä yhteistyössä konsernin sisäisesti muihin pohjoismaihin kuten Ruotsiin ja Tanskaan. (NCC Toimintajärjestelmä 2017.)



Kuva 27. 3D mallinnettu aluesuunnitelma Vantaan Hakunilan Joutsenmerkki- kohteen työmaasta (Jan Lund, NCC Suomi Oy).

VAV Kaskelantie 1 nimellä tunnettu kohde käsittää kaksi 6/8 kerroksista pistetaloa, joissa on yhteensä 127 asuntoa. Kuvassa 27 on esitetty työmaan aluesuunnitelma 3D mallinnuksen avulla, joka on osoitus työmaalla sovellettavista, visuaalisuutta hyödyntävistä digitaalisuuden sovelluksista. Rakennusprosessin rakentamisen valmisteluvaihe on suoritettu, joka sijoittui alkuvuoteen 1/2017-3/2017. Työmaavaihe on lähtenyt käyntiin maaliskuun 2017 aikana maanrakennuksen ja paalutuksen osalta. Testauksen aikana työmaalla menossa olevia työvaiheita ovat maanrakennustyöt ja perustukset. Kohteen suunniteltu valmistuminen aikataulun mukaan sijoittuu syyskuuhun 2018. Kohteen yleisaikataulu on esitetty kuvassa 28, joka on varustettu nykyhetki- viivalla. (NCC Toimintajärjestelmä 2017.)



Kuva 28. VAV Kaskelantie 1 yleisaikataulu (NCC toimintajärjestelmä 2017).

VAV Kaskelantie 1 työmaan toteutusta voidaan tämän työn puitteissa tarkastella lähinnä rakentamisen valmisteluvaiheen puitteissa. Ympäristöluokituksen toteutumisen suhteen toteutusvaiheessa rakentamisen valmisteluvaihe on selvästi oleellisin vaihe, jonka aika ympäristöluokituksen mukainen toteutus suunnitellaan ja organisoidaan.

Malliin verrattuna työmaan rakennusprosessin mukainen prosessikaavio on toimintajärjestelmän mukainen ja pitää sisältää urakkamuodosta riippumattomat osa- alueet toteutusvaiheen eri vaiheissa. Prosessikaavio on hyväksi todettu, selkeä ja visuaalisesti toimiva, minkä voi havaita kuvasta 29.

Kuva 29. VAV Koskelantie 1 tuotantovaiheen prosessikaavio (NCC toimintajärjestelmä 2017).

Malliin verrattuna työmaalla on toteutettu Vastuullinen työmaa- toimintamallia rakentamisen valmisteluvaiheessa. Rakentamisen valmisteluvaiheessa tuotannon perussuunnitelmiin kuuluu muun muassa laadittu ja hyväksytetty työmaan kosteudenhallintasuunnitelma, työmaan jätehuoltosuunnitelma, työmaan materiaalien siirtosuunnitelma, projektisuunnitelma sekä hyväksytetty työmaan ympäristösuunnitelma. Kaikki laaditut perussuunnitelmat tukevat kohteen ympäristöluokituksen mukaista toteutusta ja ovat osa yksikön ja yhtiön normaalia rakennustoimintaa.

Joutsenmerkin kriteerien mukaisesta tiedonvälityksestä ei ole vielä olemassa suunnitelmaa tai kriteerien mukaista toteutuksen kuvausta, joka vaaditaan Joutsenmerkin kriteereissä. Ainoa työmaan viestintään liittyvä suunnitelma on mainittu projektisuunnitelmassa laadittavaksi työmaan mediajulkisuutta ja markkina- arvoa koskevana. Työn aikaista tiedon välitystä tukee testauksessa oleva ja mahdollisesti työmaalle käyttöön otettava sähköisen työmaaperehdytyksen Joutsenmerkki- osuus. (NCC Toimintajärjestelmä 2017.)

Mallin mukaista Joutsenmerkin kriteeristön suorittamisen vastuuttamista ja yhteisten tavoitteiden asettamista kriteeristön osalta ei ollut havaittavissa työmaalle laaditussa projektisuunnitelmassa tai tavoitepalaverissa. Projektisuunnitelmassa oli mainittu että kohteelle tullaan hakemaan Pohjoismaista ympäristömerkkiä, Joutsenmerkkiä ja sen kriteerit asettavat vaatimuksia rakentamiselle ja rakennusprosessiin. Projektisuunnitelman mukaan Joutsenmerkki- kriteeristön täyttymisestä vastaa projekti- insinööri. Joutsenmerkin kriteerien huomioiminen tuli esille työmaan hankinnan aloituspalaverista, jossa kriteerein täyttyminen oli vastuutettu kokonaan työmaan työmaainsinöörin vastuulle. Hankintapalaverissa on mainittu että Joutsenmerkin vaatimuksen on huomioitava jokaisessa hankinnassa ja hankintoja koskevista kriteereistä tulee antaa tarkat lähtötiedot hankinta- aloitteen mukana työmaan toimesta. Työmaan tavoitepalaverissa mainittiin Joutsenmerkin osalta, että jokaisen hankkeeseen osallistuvan tulee tuntea ”meidän yhteinen joutsenmerkki- projektin” hengen, jolla pyritään jokainen työmaan osapuoli sitouttamaan yhteiseen tavoitteeseen. Työmaan työnjohdolle asetetuissa tavoitteissa Joutsenmerkin saaminen kohteelle mainittiin kohdassa *muut projektikohtaiset tavoitteet* ja työmaalle oli tavoitepalaverin puitteissa sovittu järjestettäväksi lisäresurssi Joutsenmerkin kriteerien toteutusta tukevana. (NCC Toimintajärjestelmä 2017.)

Toteutuskustannuksissa Joutsenmerkin vaatimukset näkyvät ainoastaan tehtyjen hankintahintojen mukaan, mutta kaikkia hankintoja ei vielä rakentamisen valmisteluvaiheessa luonnollisesti ole otettu huomioon, koska niitä ei vielä tässä vaiheessa ole tehty (H1). Projektin aikana on tärkeä pitää kiinni yksikön kustannushallintamenettelyistä ja ottaa projektin työmaa- aikaisessa kustannusten ennustamisessa Joutsenmerkin kriteerien asettamat vaatimukset myös riskien muodossa huomioon.

Työmaan tuotannon aikaiseen laadunhallinnan työkaluksi on projektisuunnitelmassa ja tavoitepalaverissa määritelty yksikössä jo käytössä oleva mobiiliapplikaatio Congrid. Tässä kohteessa Congrid- sovellus on käytössä sekä NCC.n työnjohdolla että tilaajaorganisaation työmaan valvontaa suorittavalla valvojalla, millä on pyritty helpottamaan laadunhallinnan läpinäkyvyyttä ja omalta osaltaan työvaiheiden toteutumisen viestintää tilaajaorganisaatioon päin. Joutsenmerkin kriteerien mukaisen dokumentoinnin ja arkistoinnin työkaluksi on projektille perustettu oma sähköinen projektipankki työmaan ja luokituksen toteutumista arvioivan Ympäristömerkin yhteiskäyttöön, joka helpottaa kriteerien toteuttamiseen liittyvien asioiden käsittelyä ja tiedottamista ja dokumentoinnin toimittamista reaaliaikaisesti. (NCC Toimintajärjestelmä 2017.)

Kohteen tuotantovaiheen ympäristöluokituksen hakuprosessissa ei ole mukana ympäristöasiantuntijaa. Rakentamisen valmisteluvaihe sekä prosessin alkuvaiheet on suoritettu lähinnä projekti- insinöörin ja projektipäällikön toimesta, jotka ovat vastanneet Joutsenmerkin kriteerien mukaisesta toteutuksesta toteutusvaiheeseen asti. (H1,H2.)

Malliin vertaamisen lisäksi työmaan toiminnasta nousi esille rakennusprosessin hallinnan kannalta myös muita huomioon otettavia asioita. Työmaan materiaali- ja kemikaaliturvallisuuden hallinnan helpottamiseksi on kehitetty työmaan käyttöön materiaalimat-

riisi, jonka avulla voidaan todentaa ja seurata käytettävien materiaalien hyväksyttämistä ja tuotetietojen arkistointia. (H1.) Lisäksi käytettävien materiaalien hyväksyttämisen helpottamiseksi Ympäristömerkinnällä on käytössä materiaalipankki, jonka kautta käytettävät materiaalit hyväksytetään Ympäristömerkillä. Materiaalipankissa on olemassa Joutsenmerkin kriteerit täyttävät, entuudestaan käytössä olleet materiaalit, jolloin materiaalipankista voi käytettävien materiaalien soveltuvuuden varmistaa ennen käyttöä. (Joutsenmerkki 2017.) Suurena haasteena malliin verraten nousi esille myös projektiorganisaation vaihtuvuus rakentamisen valmisteluvaiheen jälkeen, sillä projektin alkuvaiheessa Joutsenmerkin kriteerien toteutuksesta vastanneet ja projektille arvokkaan tiedon omanneet projekti- insinööri ja – päällikkö ovat vaihtuneet eli resurssien vaihtuvuus yksikön sisällä on ollut jo oleellista. (H1,H2.) Työmaan työnjohto- organisaatio on yksikön kokeneimpia.

VAV Kaskelantie 1 kohteen hankekehitys ja suunnitteluvaiheessa mukana ollut projekti- insinööri nosti tuotantovaiheessa ympäristöluokituksen näkökulmasta huomioitaviksi asioiksi hankintojen huolellisen valmistelun sekä tuotantovaiheen eri tehtävien huolellisen suunnittelun ja keskimääräistä huolellisempi ennakointi muun muassa käytettävien materiaalien suhteen. Edellä mainitut toimenpiteet tulisi ottaa huomioon jo rakentamisen valmisteluvaiheesta alkaen. Viimeistely ja käyttöönottovaiheessa haastattelun perusteella tulisi panostaa tulevien asukkaiden tietoisuuteen rakennuksen ympäristöä säästävästä potentiaalista esimerkiksi käyttöä opastavan asukaskansioon liitettävän ohjeistuksen muodossa. Ympäristöluokituksen asettamiin haasteisiin rakennusprosessin valmisteluvaiheessa sekä rakentamisvaiheessa kuuluu myös käytettävän rakennusmateriaalin hallinta, joka vaatii rakentamisvaiheessa jatkuvaa valvontaa työnjohdon puolesta. Työntekijöiden ja aliurakoitsijoiden keskuudessa tulee panostaa rehellisyyteen ja ymmärrykseen ympäristöluokituksen vaatimuksien toteutusta kohtaan. Projekti- insinöörin mukaan työmaaorganisaatioon tarvitaan ehdottomasti yksi ainoastaan Joutsenmerkin kriteerien toteuttamiseen keskittyvä henkilö, sillä Joutsenmerkin kriteerit vaativat toteutuakseen työmaan aikana suurta panostusta, mihin muulla työnjohdolla ei välttämättä muun työn ohessa ole aikaa. (H1.)

Projekti- insinöörin mukaan tulevat ympäristöluokitellut hankkeet tulee aloittaa analyyttisemmalla tarkastelulla ympäristöluokituksen toteutusta kohtaan. Kehityshankkeen tapaan hankkeessa päätettiin ensi rakentaa Joutsenmerkitty asuinrakennus ja vasta sitten löydettiin tontti, johon rakennus rakennetaan. Jatkossa tämä tulisi mennä toisin päin ja ympäristöluokituksen lähtökohtaiseen arviointiin tulisi käyttää asiantuntemusta. Yhtiön muilla toimialoilla rakennettaessa BREEAM- ja LEED- luokituksia Optiplan tekee esiarvion ja lähtöselvityksen ympäristöluokituksen kriteerien näkökulmasta, jonka avulla voidaan tehdä päätös mahdollisesta luokituksen hakemisesta ja luokituksen todellisen arvo konkretisoitumisesta. Haastattelun aikana nousi myös esille hankinnan huono sitoutuminen projektin alkuvaiheessa ympäristöluokituksen mukaiseen toteutukseen muun muassa sopimuksia laadittaessa ja hankintoja valmisteltaessa ja nämä asiat kaatuivatkin pääosin projekti- insinöörin hoidettavaksi. Lisäksi kohteen kustannuslaskennassa olisi pitänyt enemmän nostaa esille ympäristöluokituksen vaikutusta ja suurimpana riskinä projekti- insinööri näkeekin kohteen toteutuskustannusten nousu johtuen ympäristöluokitusten kriteereistä. (H1.) Kehityshankkeen aikainen tieto ympäristöluikitusta koskevista asioista kasautui pääosin projekti- insinöörille, mikä osoittautui prosessin aikana ongelmaksi: projekti- insinööri kehityshankkeeseen vaihtui rakentamisen valmisteluvaiheen jälkeen. Ympäristöluokituksen mukainen toteutus vaatii tavanomaista rakennushanketta enemmän valmisteluja ja perehtymistä sekä sitoo työmaaorganisaatiota koko toteutusvaiheen ajan. Toteutuksen kannalta on tärkeää että toteutusorganisaatio pysyy koko toteutusvaiheen samana sekä toimihenkilö että työntekijätasoilla. (H1,H2.)

Projekti- insinööri nosti suurimmiksi mahdollisuuksiksi Joutsenmerkkihankkeen toteutumisen myötä sen referenssiarvon yhtiölle kiristyvässä markkinatilanteessa sekä kestävän rakentamisen mukaisten käytäntöjen kehittymisen muun muassa tuotteiden jäljitettävyyden ja kemikaalitietoisuuden suhteen. Myös tuleva lainsäädäntö hänen mukaansa vaatii jatkossa muutoksia ja muutokset jo tässä vaiheessa antaa yhtiölle selvää kilpailuetua. Lisäksi ympäristöluokituksen mukaisen toteutuksen integrointi antaa meille toimintamallin toiminnan kehittämiseen jos tuotantovaihetta halutaan kehittää esimerkiksi, jonkun muun sertifikaatin mukaisesti. Joutsenmerkin toteuttaminen on BREEAM:iin ja LEED:iin verrattuna eniten työmaata kuormittava ja rakennusprosessiin eniten muutoksia vaativa ja tästä johtuen juuri Joutsenmerkin toteuttaminen ja sen mukaan toiminnan kehittäminen antaa eväitä myös muiden, kestävän rakentamisen mukaisen toiminnan omaksumiseen ja käyttöönottoon. (H1).

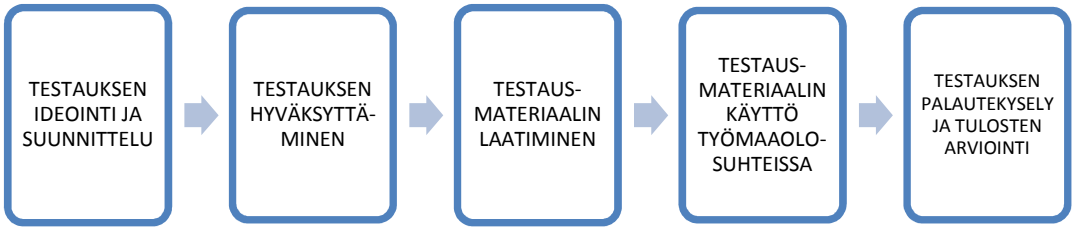
VAV Kaskelantie 1 kohteen hankekehitys ja suunnitteluvaiheessa mukana ollut kaupunkikehitystiimin projektipäällikön mukaan Joutsenmerkki- luokitus oli ainoa kohteeseen sopiva ympäristöluokitus, sillä Suomessa ainoastaan kotimainen Promise- luokitus olisi ollut toinen realistinen vaihtoehto asuinkerrostalolle. Tätä ennen hänellä oli kokemusta saman asiakkaan kanssa kehityshankkeesta rakennettaessa elinkaaritasapainoista asuinrakennusta[10]. Joutsenmerkki tuo brändinsä ja kolmannen osapuolen myöntämisen kautta uskottavuutta ja arvoa rakennukselle. Suurin mahdollisuus projektipäällikön mukaan Joutsenmerkkihankkeessa on yksikön toiminnan kehittyminen luokituksen avulla yhä lähemmäs kestävän rakentamisen mukaista toimintaa, josta ideaalitilanteessa tulee vakiokäytäntö asuntorakentamisen yksikössä: Markkinoilla Joutsenmerkin mukainen rakentaminen tulee varmasti olemaan tulevaisuudessa kilpailuetu. Suurimpana haasteena ja riskinä projektipäällikkö nostaa esiin tuotantovaiheen aikana materiaalin jäljitettävyyden ja aliurakoitsijoiden työn valvonta. Kohteessa töitä suorittavat aliurakoitsijat tulee sitouttaa Joutsenmerkin toteutukseen ja jokaisen työntekijän kanssa tulee käydä Joutsenmerkin asettamat vaatimukset läpi. Luokituksen toteutumisen kannalta tulevaa rakentamisvaihetta varten tulee valmistautua myös mahdollisia muutoksia varten eli miten toimitaan poikkeustilanteissa, joita rakentamisvaiheessa tulee väistämättä. (H2.)

5.2 Perehdytyksen testauksen suunnittelu

Tutkimuksen testaus suunniteltiin suoritettavan tutkimuksen tapaustutkimuskohteessa Joutsenmerkki- luokitusta hakevassa Vantaan Hakunilan asuinkerrostalokohteessa, jota käsitellään tässä tutkimustyössä enemmän kohdassa *5.1 Tapaustutkimus Case Vantaa Hakunila*. Tutkimuksen testausta rajoitti eniten tapaustutkimuskohteen tuotantovaiheen ajoittuminen sillä rakentamisen valmisteluvaihe kohteessa on alkanut 1/2017 ja rakentamisvaihe 3/2017. Lisäksi laadittaessa prosessikuvausta on sen kokonaisvaltainen testaus tutkimustyön puitteissa mahdotonta.

Kirjallisuuskatsauksen ja nykytilan kartoituksen perusteella ympäristöluokituksen mukaisen kriteeristön vaatimusten selvittäminen tuotantovaiheessa eri osapuolille nähdään yhtenä suurimpana haasteesta ympäristöluokituksen mukaisen toteutuksen ja prosessin hallinnan kannalta. Suuressa roolissa toteutuksen suhteen ovat työmaan työntekijät, joiden vaihtuvuus ja tehtävien kestot vaihtelevat. Yksikössä sähköisen perehdytyksen ollessa pilotointivaiheessa, antoi se hyvät mahdollisuudet testata perehdytyksen soveltumista kriteerien mukaisen ja työntekijöille tarvittavan tiedon välittämiseen. Uusi sähköinen perehdytysmateriaali toimisi myös visuaalisena työkaluna perehdytyksen lisäksi. Ympäristöluokitusten asettamien vaatimusten toteuttamiselle esitetään prosessikuvauksessa muiden asioiden osalta jo käytössä olevia ja jo testattuja hyviä menetelmiä.

Tutkimuksen testauksen kulku on esitetty kuvassa 30. Testaus suunniteltiin suoritettavan viidessä eri vaiheessa, joista ensimmäinen vaihe on testauksen ideointi ja suunnittelu, toinen vaihe testauksen hyväksyttäminen, kolmas vaihe testausmateriaalin laatiminen, neljäs vaihe testausmateriaalin käyttö työmaaolosuhteissa ja viimeinen viides vaihe palautekysely ja sen pohjalta tulosten arviointi.



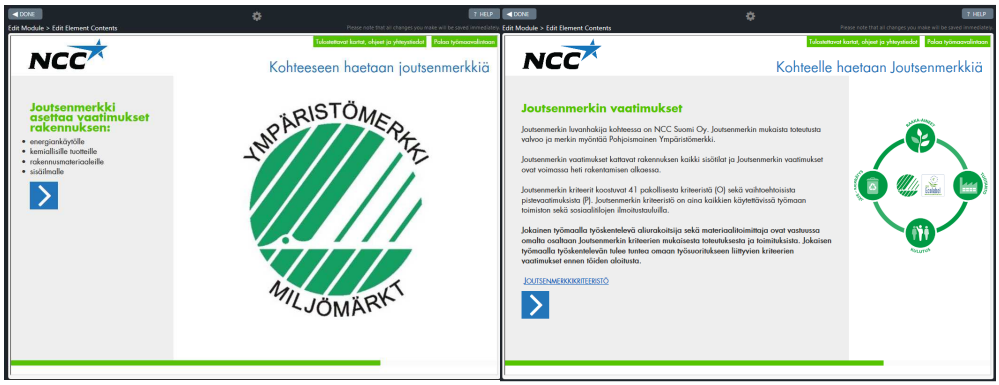
Kuva 30. Testauksen kulku.

5.3 Perehdytysaineiston testaus ja tulokset

Testauksen ensimmäinen vaihe oli tutkimuksen teoriaosuuden ja haastatteluiden pohjalta testausidean perustelu ja hyväksytys tapaustutkimuskohteen Ympäristömerkinnän järjestämässä koulutustilaisuudessa, joka pidettiin 6.2.2017. Koulutustilaisuuteen osallistuivat tapaustutkimuskohteen työmaan työnjohto, Joutsenmerkki- luokitusta kohteen osalta valvova asiantuntuja sekä kohteen projekti- insinööri.

Testauskäytännön hyväksyttämisen jälkeen sähköiseen perehdytykseen liittyen sovittiin pidettäväksi lyhyt koulutustilaisuus, joka järjestettiin 28.2.2017. Koulutuksesta vastasi NCC:n asuntorakentamisen yksikön sähköisen perehdytyssovelluksen pääkäyttäjä ja koulutukseen osallistuivat tapaustutkimuskohteen vastaava työnjohtaja, työmaainsinööri, projekti- insinööri ja projektipäällikkö. Koulutustilaisuuden tarkoituksena oli perehdyttää työmaan työnjohto sähköisen perehdytysmateriaalin laatimiseen ja käyttöön työmaan aikana.

Koulutustilaisuuden jälkeen testausaineisto laadittiin yhdessä työmaan työnjohdon kanssa ja Joutsenmerkin kriteeristöstä laadittiin oma aineistonsa työmaakohtaisia tietoja käsittelevään osio. Joutsenmerkin kriteereistä poimittiin perehdytykseen työmaavaiheen kannalta oleellisimmat ja perehdytysaineisto pyrittiin laatimaan mahdollisimman visuaaliseen muotoon, jotta samaa aineistoa voidaan hyödyntää työmaatoimiston ja sosiaalitilojen ilmoitustauluilla. Sähköinen perehdytysmateriaali on työntekijöiden käytettävissä myös työmaalla ja perehdytysainestossa on muun muassa linkki voimassa olevaan ja kohteessa noudatettavaan Joutsenmerkin kriteeristöversioon. Kuvassa 31 nähdään esimerkkinä sähköisen perehdytyksen joutsenmerkki- osuuden materiaalia, koko perehdytysmateriaalin Joutsenmerkki- osuus on nähtävissä tämän raportin liitteenä.

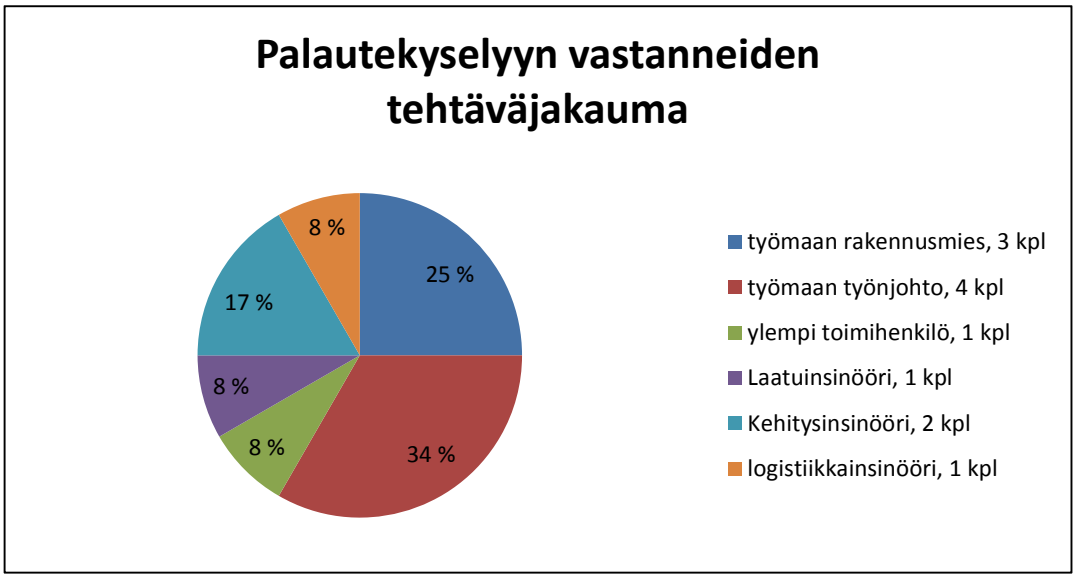


Kuva 31. Tapaustutkimuskohteen työmaan sähköinen perehdytys käsittelee työturvallisuuden lisäksi myös Joutsenmerkin kriteerien vaatimuksia.

Työmaan sähköisen perehdytysmateriaalin laatimisen jälkeen perehdytysmateriaali otettiin tapaustutkimuskohteessa heti käyttöön ja samalla tutkimuksen varsinainen testausosio alkoi 6.3.2017 ja loppui 21.4.2017. Sähköistä perehdytysmateriaalia testattiin rakennusvaiheen alussa kun työmaalla oli käynnissä maanrakennustyöt, paalutus ja anturoiden muotitus- ja raudoitustyöt.

Testauksen palautekysely järjestettiin tapaustutkimuskohteessa 21.4.2017. Palautekyselyyn vastasivat paikalla olleiden työntekijöiden lisäksi sähköisen perehdytyksen niin ikään suorittaneet työmaan työnjohto ja projekti- insinööri, sekä asuntorakentamisen yksikössä tuotannon tukena työskentelevät kehitysinsinöörit, laatuinsinööri sekä logistiikkainsinööri. Kaikki palautekyselyyn osallistuneet ovat NCC:n työntekijöitä. Palautekyselyssä kysytyt kysymykset on esitetty tämän raportin liitteissä.

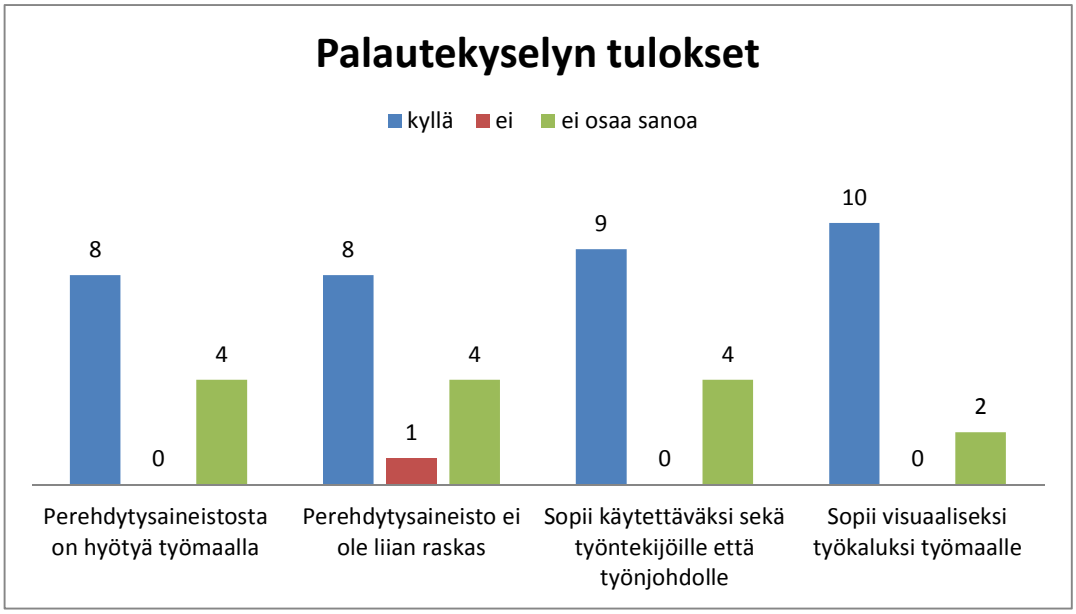
Testauksen palautekysely tehtiin yhteensä 12 ihmiselle. Kaikki palautekyselyyn vastanneet olivat NCC:n asuntorakentamisen yksikön työntekijöitä. Palautekyselyyn vastanneiden tehtäväkuvat vaihtelivat kuvan 32 mukaisesti:



Kuva 32. Joutsenmerkki- perehdytyksen palautekyselyyn vastanneiden tehtäväjakauma.

Kaikki palautekyselyyn vastanneet omaavat työmaataustan asuntorakentamisen kohteissa ja 10/12 vastanneista eivät tunteneet tai tunsivat vain vähän Joutsenmerkin kriteeristöä entuudestaan. Palautekyselyn vastausten määrä jäi vähäiseksi, koska kysely suoritettiin työmaan alkuvaiheessa eikä työmaalla ollut vielä montaa työntekijää. Palautekyselyn vastausten määrää saatiin nostettua yksikön muiden työntekijöiden mukaan ottamisella, mikä osoittautui vastausten näkökulmaa laajentavana ja tulosta parantavana seikkana palautekyselyn aikana.

Palautekyselyn mukaan sähköisen perehdytyksen osaksi laaditusta Joutsenmerkkiä käsittelevästä osasta on hyötyä työmaalla kriteerien mukaisen toteuttamista ajatellen ja aineisto koettiin sopivan työmaalla sekä työntekijöille että työnjohdolle. Lisäksi perehdytysmateriaalia ei koettu liian raskaaksi, mikä perehdytysaineistoa laadittaessa oli tavoitteena. Tarvittavan tiedon omaksumisen kannalta oli tärkeää laatia kriteereihin perustuva perehdytysaineisto, jossa on toteutuksen kannalta vain tarvittavat tiedot eikä siitä tehdä omaksumisen kannalta liian raskasta. Perehdytysmateriaalista yksittäisenä asiana jäi vastanneille mieleen muun muassa että Joutsenmerkin kriteeristö rajoittaa rakennusmateriaalien ja kemikaalien käyttöä (6 vastannutta) ja että kohteelle haetaan Joutsenmerkkiä (2 vastannutta). Lisäksi perehdytysmateriaali koettiin visuaalisesti toimivaksi ja soveltuu perehdytyksen lisäksi käytettäväksi muun muassa työmaan infotauluille. Kuvassa 33 on esitetty tarkemmin palautekyselyn tulokset.



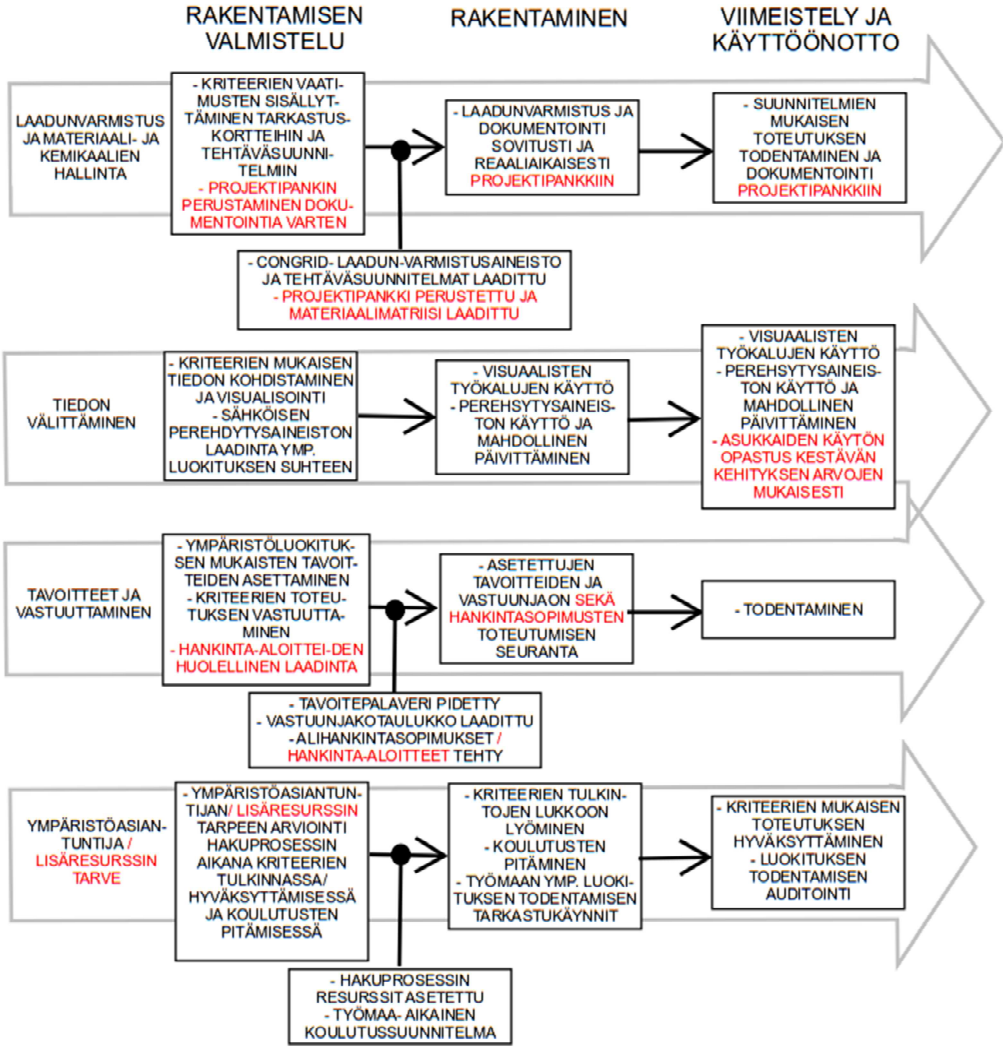
Kuva 33. Palautekyselyn vastaukset olivat hyvin yhteneväiset.

Palautekyselyssä testattiin myös Joutsenmerkki- osuudessa käsiteltävien asioiden omaksumista viidellä aineistoon perustuvalla kysymyksellä ja tuloksen mukaan aineistosta on helppo omaksua. Kysymyksissä käsiteltiin Joutsenmerkin kriteeristöstä olevia asioita, jotka kaikkien työmaalla työskentelevien tulisi hallita. Vastanneista 10 vastasi kaikkiin kysymyksiin oikein ja kaksi vastanneista tiesi yhtä vaille kaikki kysymykset.

Testauksen toisen osan tulosten perusteella sähköinen perehdytys tukee ympäristöluokituksen mukaisen tiedon välittämistä rakennusprosessin tuotantovaiheessa ja helpotta rakennusprosessin hallintaa siltä osin. Sähköiseen perehdytykseen laadittu ympäristöluokitus- osuus täydentää osaltaan hyväksi todettuna käytäntönä laadittavaa prosessikuvausta ympäristöluokiteltujen asuinrakennusten rakentamisessa.

5.4 Testauksen yhteenveto

Tapaustutkimuksen avulla vertasimme tämän hetkisen rakennusprosessin toteutusta tutkimuksen aikana laadittuun malliin ja pyrittiin selvittämään laaditun tavoitetilan integroituminen käytännössä olemassa olevaan prosessiin. Tapaustutkimuksen tulos osoitti kuinka paljon tämän hetkinen toiminta poikkeaa mallin mukaisesta toteutuksesta ja mitä muuta rakennusprosessin hallinnan kannalta mallin lisäksi pitäisi ottaa ympäristöluokitellun asuinrakennuksen prosessikuvauksessa huomioon. Tapaustutkimus keskittyi toimintajärjestelmästä saatavien dokumenttien tarkasteluun ja kohteen toteutuksesta hankekehitys- ja suunnitteluvaiheissa vastanneiden projekti- insinöörin ja projektipäällikön haastatteluihin. Tapaustutkimuksen mukaan malli täydentyi kuvan 34 mukaisesti, johon on testauksen aikana täydennetyt ja lisätyt kohdat merkitty eri värillä.



Kuva 34. Testauksen aikana täydentynyt prosessikaavio.

Tapaustutkimuksen aikana täydennettiin myös vastausta toiseen tutkimuskysymykseen. Tapaustutkimuksen kautta pyrittiin selvittämään asuntorakentamisen yksikön ja yhtiön mahdollisuuksia ja haasteita rakennettaessa ympäristöluokiteltuja rakennuksia yhden rakennusprojektin näkökulmasta ja samalla pystyttiin vertailemaan yleisellä tasolla teo-

riassa ja nykytilan kartoituksessa haasteiksi ja mahdollisuuksiksi koettuja asioita. Tapaustutkimuksen mukaan täydennetty taulukko mahdollisuuksista ja haasteista on esitetty taulukossa 3, johon on testauksen perusteella lisätyt ja vahvistetut kohdat merkitty eri värillä.

Taulukko 3. Yhteenveto tutkimuksessa esiin nousseista mahdollisuuksista ja haasteista.

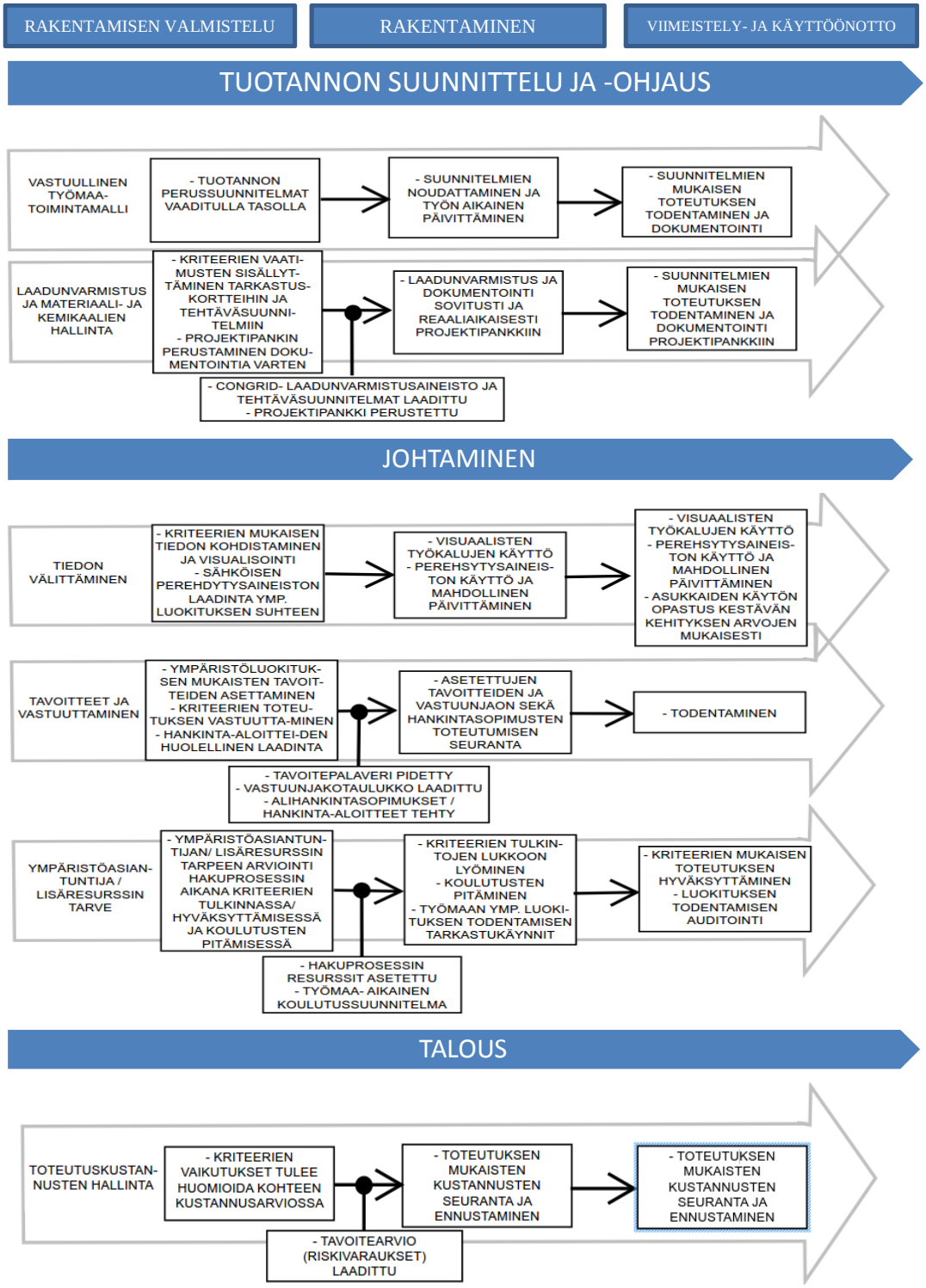
Haasteita	Mahdollisuuksia
- Suuret toteutuskustannukset (Mesimäki ym. 2015, Opoku & Ahmed 2014, Rafindadi ym. 2014, H1.) - Rakennusalan muutosvastaisuus (esim. Mesimäki ym. 2015, H1,H2,H4.) - Asiakkaiden tietämättömyys kestävän rakentamisen hyödyistä (Opoku & Ahmed 2015, Häkkinen 2011, Haapio 2008, H1.) - Rakennusprosessin eri osapuolilla omat tavoitteet, prioriteetit sekä näkemykset (Mesimäki ym. 2015, Opoku & Ahmed 2014, H1,H2.) - Kestävän rakentamisen vision jakaminen isojen yritysten sisällä, eri osastojen väleillä sekä ylimmän johdon kanssa (Opoku & Ahmed 2014.) - Työmaahenkilöstön kestävän rakentamisen tieto ja taito (Häkkinen 2011, Oboku & Ahmed 2014, Rafindadi ym. 2014, H1,H2.) - Kestävän kehityksen edistys jää helposti taloudellisten ongelmien jalkoihin suhdanneherkällä alalla (Opoku & Ahmid 2014.) - Rakennusprojektit monimutkaisia ja ainutkertaisia (Mesimäki ym. 2015, Rafindadi ym. 2014,H1.) - Ympäristöasioiden asiantuntemus urakointiliikkeen sisällä (Häkkinen 2011, H1,H4.) - Poliittiset olosuhteet (Rafindadi ym. 2014.) - Käytettävien materiaalien ja kemikaalien valvonta ja todentaminen työmaan aikana (H1,H2.) - Ympäristöluokitus vaatii lisäresursseja rakennusprojektiin (H1,H2.)	- Uusien yhteistyömuotojen ja rakennusprosessin sisäisten toimintatapojen kehittäminen (Mesimäki ym. 2015, H1,H2.) - Kestävällä rakentamisella on hyvä markkinaarvo (esim. Karhu 2015, H1,H2,H3,H4.) - Rakennusalalla ympäristövaikutuksiin voidaan vaikuttaa valtakunnallisella tasolla (esim. Opoku & Ahmed 2014.) - Kehittää yrityksen toimintaa kohti kestävän kehityksen mukaisia ratkaisuja (H2,H3.) - Kestävän rakentamisen mukainen toiminta tuo kilpailuetua tulevaisuuden tiukentuvan rakennuslainsäädännön muutoksissa (H1,H2,H3,H4.) - Rakennuksen arvo nousee (H2,H3.)

Kirjallisuuskatsauksen, nykytilan kartoituksen sekä testauksen perusteella haasteena koettiin luokituksen ja kestävän kehityksen toteutusta koskevan tiedon välittäminen koko rakennusprosessin ajan kaikille työmaalla työtä tekeville työntekijöille. Tiedon välittäminen oli haaste, jolle ei suoraan löydetty tutkimuksen aikana vastaavaa ja jo ennestään hyväksi todettua käytäntöä. Sähköistä perehdytystä testattiin testauksen toisessa osuudessa ja testauksen perusteella sähköinen perehdytys soveltuu työturvallisuuden ja työmaaohjeistuksen lisäksi myös välittämään työmaan työntekijöille tarvittavat perustiedot Joutsenmerkin mukaisesta toteutuksesta.

6 Tutkimustyön tulokset

6.1 Prosessikuvaus ympäristöluokitelluille asuinrakennuksille

Tutkimustyön tavoitteena oli laatia prosessikuvaus ympäristöluokitellun asunkerrostalon rakennusprosessin tuotantovaiheelle. Laadittu prosessikuvaus on esitetty kuvassa 38.



Kuva 38. Prosessikuvaus ympäristöluokitellun asuinkerrostalon tuotantovaiheelle.

Tutkimustyön tavoite oli laatia prosessikuvaus ympäristöluokitellun asuinrakennuksen rakennusprosessille. Prosessikuvauksessa tulisi näkyä ne asiat, jotka aiheuttavat muutoksia olemassa olevaan prosessiin ja jotka tulee ottaa rakennusprosessin hallinnan kannalta huomioon. Laadittu prosessikuvaus vastaa suoraan ensimmäiseen tutkimuskysymykseen:

1. Millä tavalla ympäristöluokitellun asuinrakennuksen asettamat vaatimukset vaikuttavat rakennusprosessiin?

Prosessikuvaukseen muodostettiin luokitusten mukaista toteutusta tukevia ydinprosesseja, jotka integroitiin osaksi yrityksen toimintajärjestelmän mukaiseen prosessiin. Prosessikuvauksen tuli tavoitteen mukaan integroitua mahdollisimman hyvin jo olemassa olevaan toimintamalliin ja sen tuli olla selkeä ja visuaaliseen käyttöön soveltuva työkalu ja tässä on hyvin onnistuttu. Integroiminen olemassa olevaan toimintamalliin varmistettiin myös hyödyntämällä jo käytössä olevien ja hyväksi todettuja työkaluja ja toimintamalleja kuten laadunvarmistus- ja kustannustenhallintamenettelyitä rakentamisen aikana.

Prosessikuvauksen luominen ydinprosessien muotoon antaa perusteet sen tehokkaalle käytölle rakennusprosessin aikana. Jokaiselle ydinprosessille on helppo asettaa alussa tavoitteet ja ydinprosessin muoto antaa prosessille läpinäkyvyyttä. Luokituksen mukaisen toteutuksen johtaminen ja organisointi on helpompaa kuin ydinprosessit on tunnistettu ja laadittu omiksi prosesseikseen.

Vastuullinen työmaa- toimintamallin toteuttaminen toimintajärjestelmän mukaisesti on erotettu omaksi ydinprosessikseen liittyen työmaa- aikaiseen tuotannon suunnitteluun ja –ohjaukseen. Toimintamalli on osa yksikön normaalia rakennusprojektin sisäistä toteutusta, joka vastaa ympäristöluokitusten vaatimusten mukaista toimintaa monen kriteerin osalta ja tästä syystä laaditussa prosessikuvauksessa sen toteuttamista korostetaan. Ydinprosessin suorittamisessa oleellista on tunnistaa rakentamisen valmisteluvaiheen tärkeyden suunnitelmien laadinnan ja hyväksyttämisen osalta, joka antaa perusteet työn aikaiselle seurannalle.

Laadunvarmistus ja materiaalien- ja kemikaalien hallinta on yksi prosessikuvauksen ydinprosessi, joka liittyy myös työmaa- aikaiseen tuotannon suunnitteluun ja -ohjaukseen. Ydinprosessin keskeiset työkalut ovat yksikön käytössä olevia applikaatioita ja sähköisiä palveluita, joiden käyttö on yksikölle tuttua ja niiden toimivuus on jo hyväksi todettu. Ydinprosessi korostaa ympäristöluokitusten toteutuksen vaatimuksia laadunvarmistuksen, dokumentoinnin ja reaaliaikaisen arkistoinnin suhteen. Tärkeää on ottaa työkalut heti ydinprosessin alkuvaiheessa käyttöön, jolloin niillä saavutetaan mahdollisimman suuri hyöty rakentamisvaiheessa ja viimeistely- ja käyttöönottovaiheessa.

Prosessikuvauksen laaditut ydinprosessit painottuivat työmaa- aikaiseen johtamiseen. Kolme johtamiseen liittyvää ydinprosessia olivat ympäristöluokituksen vaatimusten mukaiset tiedon välittäminen, kriteerien mukaiset toteutuksen vastuuttaminen ja tavoitteiden asettaminen sekä ympäristöluokituksen mukaisen hakuprosessiin tarvittavan ympäristöasiantuntijan tai lisäresurssin tarve. Johtamiseen liittyvät vaatimukset rakennusprosessin hallinnan kannalta nousivat vahvasti esille sekä testauksessa että kirjallisuuskatsauksessa.

Tiedon välittäminen keskittyi visuaaliseen johtamiseen ja sähköisen perehdytyskäytännön hyödyntämiseen. Asuntorakentamisen työmailla on visuaaliset työkalut käytössä ja työmaatoimintojen digitalisoituminen antaa uudet ulottuvuudet työmaa- aikaiselle visuaaliselle johtamiselle. Ympäristöluokitusten toteutuksessa ja kestävän rakentamisen

prosesseissa visuaaliset työkalut ovat hyväksi todettuja ja esimerkiksi käytettävien materiaalin- ja kemikaalien hallinnan kannalta ainoita hyviä, kaikille soveltuvia ja edullisia työkaluja työmaan käyttöön. Sähköinen perehdytys on ympäristöluokitusten mukaisen tiedon välittämiseen parhaiten sopiva jo käytössä olevista käytännöistä ja työkaluista. Sähköinen perehdytys suoritetaan kaikille työmaan toteutukseen osallistuville työntekijöille ja muille osapuolille ja käytäntö antaa mahdollisuuden visuaalisuuden hyödyntämiselle. Sähköistä perehdytystä tiedon välittämisessä testattiin tämän tutkimustyön aikana ja tulosten mukaan sähköinen perehdytys soveltuu hyvin ympäristöluokitusten mukaisen tiedon välittämiseen ja siitä on oikeasti hyötyä työmaalle johtamisen ja rakennusprosessin hallinnan näkökulmasta.

Ympäristöluokituksen kriteerien toteuttaminen tulee tuotantovaiheessa vastuuttaa ja niiden suorittamiseen liittyvät tavoitteet tulee konkretisoida työmaaorganisaatiossa. On selvää että kaikki ympäristöluokituksen kriteerit eivät kosketa työmaata ja tästä syystä ydinprosessi tavoitteiden asettamisen ja kriteerien vastuuttamisen suhteen aloitetaan rakentamisen valmisteluvaiheessa ensin tunnistamalla työmaata koskevat kriteerit ja vastuuttamalla henkilötasolla kriteerien toteutus. Ympäristöluokitusten mukaiset tavoitteet tulee yksilöidä ja kohdistaa työmaan tavoitepalaverissa selkeästi. Kriteerien vastuuttamiseen ja kriteerien mukaisen toteutuksen seurantaan voidaan käyttää hyväksi vastuunjakotaulukkoa, josta hyvä esimerkki on esitetty tämän työn kappaleessa *4.2 Käytössä olevat työkalut*. Kriteerien mukaisessa vastuuttamisessa tulee ottaa huomioon myös aliurakoitsijat ja materiaalitoimittajat. Hankintoja valmistelevissa hankinta- aloitteissa ja niiden pohjalta laadittavissa aliurakkasopimuksissa tulee kriteerein mukaiset vaatimukset ja vastuut selvitä yksiselitteisesti. Rakennusprosessin hallinnan kannalta on olennaista sitouttaa kaikki työmaan toteutukseen osallistuvat yhteiseen tavoitteeseen luokituksen mukaisen toteutuksen suhteen.

Ydinprosessi ympäristöluokituksen resurssoinnille tuotantovaiheen aikana on erotettu omaksi ydinprosessikseen korostamaan sen tärkeyttä. Ympäristöluokituksen mukainen toteuttaminen vaatii lisäresursseja, sillä tämän hetkinen organisaatiomalli yksikön työmailla ei jätä organisaatiossa tilaa näin suurelle lisätyölle. Resurssointi on oma ydinprosessinsa, jotta resurssointi otettaisiin huomioon koko tuotantovaiheen aikana. Ydinprosessin ensimmäinen vaihe on tunnistaa lisäresurssin tarve työmaan eri vaiheissa ja varautua lisäresurssien järjestämiselle heti rakentamisen valmisteluvaiheessa. Ympäristöluokituksen hyvän toteuttamisen edellytys on asiantuntijoiden käyttö tarvittaessa esimerkiksi työmaaorganisaation kouluttamisessa tai kriteerien tulkinnoissa ja lisäresurssin asettaminen pelkän luokituksen toteutuksen hoitamiseen työmaan aikana, sillä liian pienillä resursseilla joko luokituksen mukainen toteutus kärsii tai normaali rakennusprosessin mukainen toteutus kärsii.

Rakennusprosessin hallinnan ja liiketoiminnan näkökulmasta oleellista on hallita rakentamisen toteutuskustannuksia. On selvää että ympäristöluokituksen vaatimukset ja rakennusprosessin muutokset kasvattavat rakennusprosessin tuotantovaiheessa toteutuskustannuksia. Tämä tulee ottaa huomioon heti työmaan kustannusarvion laadinnassa. Työmaa- aikaisessa kustannusennustamisessa on tiedostettava ympäristöluokituksen vaikutukset toteutuskustannusten muodostumisessa ja niitä tulee ennustaa säännöllisesti työmaan aikana, jotta mahdollisiin poikkeamiin pystytään reagoimaan mahdollisimman nopeasti.

6.2 Mahdollisuudet ja haasteet

Taulukossa 4 on esitetty tutkimustyön aikana esiin nousseen mahdollisuudet ja haasteet rakennettaessa ympäristöluokiteltuja asuinkerrostaloja.

Taulukko 4. Yhteenveto ympäristöluokitellun asuinkerrostalon tuomista mahdollisuuksista ja haasteista.

Haasteita	Mahdollisuuksia
- Suuret toteutuskustannukset - Rakennusalan muutosvastaisuus - Asiakkaiden tietämättömyys kestävän rakentamisen hyödyistä - Rakennusprosessin eri osapuolilla omat tavoitteet, prioriteetit sekä näkemykset - Kestävän rakentamisen vision jakaminen isojen yritysten sisällä, eri osastojen väleillä sekä ylimmän johdon kanssa - Työmaahenkilöstön kestävän rakentamisen tieto ja taito - Kestävän kehityksen edistys jää helposti taloudellisten ongelmien jalkoihin suhdanneherkällä alalla - Rakennusprojektit monimutkaisia ja ainutkertaisia - Ympäristöasioiden asiantuntemus urakointiliikkeen sisällä - Poliittiset olosuhteet - Käytettävien materiaalien ja kemikaalien valvonta ja todentaminen työmaan aikana - Ympäristöluokitus vaatii lisäresursseja rakennusprojektiin	- Uusien yhteistyömuotojen ja rakennusprosessin sisäisten toimintatapojen kehittäminen - Kestävällä rakentamisella on hyvä markkina-arvo - Rakennusalalla ympäristövaikutuksiin voidaan vaikuttaa valtakunnallisella tasolla - Kehittää yrityksen toimintaa kohti kestävän kehityksen mukaisia ratkaisuja - Kestävän rakentamisen mukainen toiminta tuo kilpailuetua tulevaisuuden tiukentuvan rakennuslainsäädännön muutoksissa - Rakennuksen arvo luokituksen myötä nousee

Tutkimustyön toinen tutkimuskysymys oli seuraava:

2. Mitä mahdollisuuksia ja haasteita ympäristöluokitellun asuinkerrostalon rakentaminen tuo tulevaisuudessa?

Taulukossa 4 on esitetty vastaus toiseen tutkimuskysymykseen. Tutkimuskysymykseen vastattiin tutkimuksen eri vaiheissa täydentäen taulukkoa tutkimuksen edetessä ja taulukon täydentyessä. Kirjallisuuskatsauksen aikana rakennusprosessin hallinnan näkökulmasta suurimpina haasteina nousivat esiin toteutusvaiheessa työntekijöiden tietämys ja ymmärrys kestävän rakentamisen vaatimuksista ja käytännöistä, suuret toteutuskustannukset sekä rakennusprosessien eri osapuolien näkemysten ja tavoitteiden eroavaisuudet toisistaan. Näitä näkökulmia pyrittiin hyödyntämään myös prosessikaavion laadinnassa ja edellä mainitut kolme haastetta onkin otettu huomioon prosessikaavion ydinprosesseissa. Tutkimuskysymykset osoittautuivat siis hyvin laadituiksi, sillä ne täydensivät toisiaan ja tukivat hyvin tutkimuksen tavoitteiden saavuttamista.

Tutkimuskysymys pyrittiin yleistämään ja yhteenvetotaulukkoon pyrittiin listaamaan mahdollisuudet ja haasteet tilaajayrityksen yksikköön sitomatta. Ympäristöluokiteltujen asuinkerrostalojen toteuttaminen on asuntorakentamisessa vielä uutta ja sen haasteet jakautuvat sekä yrityksen sisäisiin sekä tuotantoteknisiin että liiketoiminnallisiin haasteisiin, rakennusalaa yhteisesti koskeviin haasteisiin, ympäristöluokitusten taustalla vaikuttaviin poliittisiin ja lainsäädännöllisiin tekijöihin että asuntotuotannon markkinoiden lainalaisuuksien asettamiin haasteisiin. Kaikkiin taulukossa esitettyihin haasteisiin ei yhden tuotantoyksikön toimesta voida mitenkään vaikuttaa. Taulukko kuitenkin tarjoaa yksikön päätöksenteon tueksi oleellista tietoa ja on tärkeä tunnistaa kaikki ne haasteet ja kriittiset tekijät, jotka vaikuttavat ympäristöluokitusten kehityksen ja käyttöönoton taustalla.

Ympäristöluokitusten mukainen hyöty ja mahdollisuudet riippuvat täysin siitä, kuinka paljon sitä halutaan hyödyntää. Ympäristöluokitukset konkretisoivat kestävää kehitystä rakentamisessa ja tarjoavat suuntaa kestävän rakentamisen kehittymiselle sekä yrityksen tasolla että valtakunnallisella tasolla. Ympäristöluokituksilla on suuri markkina- arvo ja ympäristöluokitus nostaa rakennuksen arvoa. Kun tieto ja arvostus asuntotuotannon kaikkien osapuolien keskuudessa kasvavat ympäristöluokituksia kohtaan, ympäristöluokitusten toteutus ja kysyntä lisääntyvät rakennusalalla toimitila- ja toimistorakentamisen tapaan tulevaisuudessa.

7 Pohdinta ja johtopäätökset

7.1 Kontribuutio aikaisempiin tutkimuksiin

Ympäristöluokiteltujen asuinrakennusten rakentaminen on Suomessa vielä uutta, eikä suoraan vertailukelpoisia tutkimuksia Suomesta ole vielä saatavilla. Osana ERA 17-toimintaohjelmaa Häkkinen on jo vuonna 2011 koonnut hyviä, kestävän rakentamisen prosesseja tukevia toimintamalleja yleisellä tasolla suomalaisille rakentajille. Tutkimuksen tuloksena oli loputon määrä vaihtoehtoisia ratkaisuja ja näkökulmia, mikä on osoitus tutkimusongelman laaja- alaisuudesta: kestävä rakentaminen on laaja ja moninainen konsepti. Tämä tutkimus keskittyi ympäristöluokituksiin ja rakennusprosessin tuotantovaiheeseen, mikä mahdollisti selkeän prosessikuvauksen laatimisen. Prosessikuvaus todisti sekä tämän tutkimuksen että Häkkisen jo vuonna 2011 asettaman hypoteesin kuitenkin todeksi: kestävän rakentamisen toteutus vaatii muutoksia itse rakennusprosessiin.

Tutkimuksen tuloksena syntyneen prosessikuvauksen laatiminen tarjoaa mallin myös olemassa olevan prosessin muuttamiselle. Prosessin muuttamisen lähestymistavaksi valittiin Davenportin (1993) esittämä prosessin parantaminen, joka lähtee liikkeelle muutostarpeen tunnistamisesta. Valitulla lähestymistavalla tutkimuksen mukainen prosessin parantaminen soveltuu yleisempään käyttöön, sillä muutostarve vaihtelee yritysten väleillä kun puhutaan sertifiointijärjestelmän käyttöönotosta, jossa päämäärä ja vaatimustaso on yleensä tarkasti kuvattu ja on vertailtavissa suoraan yrityksen lähtötasoon. Koivu (2002) esittää oman toimintamallinsa rakennusprosessin parantamiseksi, joka lähtee liikkeelle prosessin päämäärien määrittelyllä. Koivun lähestymistapa sopii paremmin esimerkiksi prosessin laadunparannuksen aikaansaamiseksi.

Prosessinhallinnan lähestymistavaksi valittiin prosessijohtaminen, joka antoi ulkoasun prosessikuvaukselle ja säilytti sen muokattavuuden. Hannus (2000) korostaa prosessien pilkkomisen merkitystä ydinprosesseihin, mikä auttaa prosessien hallinnassa ja organisoinnissa. Prosessijohtamisen ydinprosesseihin perustuva ajattelu nähtiin tämän tutkimuksen puitteissa toimivan ympäristöluokituksen mukaisen vaatimusten toteutuksessa perinteistä funktionaalista johtamista paremmin, sillä vanhalla ajattelutavalla ympäristöluokituksen vaatimukset olisivat pirstaloituneet funktionaalisen johtamistavan mukaisiin lokeroihin, jolloin niille olisi ollut mahdotonta esimerkiksi asettaa vastuuhenkilöt ja ydinprosessikohtaiset tavoitteet. Dave (2015) on tutkinut Iso- Britanniassa prosessijohtamisen soveltuvuutta rakennusprosessille ja tutkimuksen mukaan prosessijohtaminen sopii sekä pieniin että suuriin prosesseihin. Tämän tutkimuksen puitteissa huomattiin prosessijohtamisen soveltuvan hyvin yhden yksittäisen rakennusprosessin työkaluksi.

Lean- tuotantofilosofian ja kestävän rakentamisen päämäärät ovat osittain samoja. Oginbiyi ym. (2014) tutkivat Lean- filosofian käytäntöjen ja tekniikoiden hyötyä kestävän rakentamisen edistämiseksi. Nesteby ym. (2016) tutkivat myös Lean- työkalujen soveltumista ympäristöluokituksen mukaisen toteutuksen tukemiseen. Molempien tutkimusten perusteella huomattiin että Lean- työkalut tukevat kestävän rakentamisen mukaista rakentamista. Tämän tutkimustyön osalta keskityttiin tuotantofilosofian työkaluista visuaaliseen johtamiseen, jolla huomattiin olevan ympäristöluokitusten vaatimusten mukaisessa toteutuksessa tuotantovaiheessa suuri soveltumismahdollisuus.

Kestävän rakentamisen tuomia haasteita ja mahdollisuuksia kartoitettaessa yksi haaste tuotantovaiheen prosessinhallinnan kannalta nostettiin tarkemman tarkastelun kohteeksi: kestävän rakentaminen on laaja- alainen konsepti, jota rakennusalalla tunnetaan vielä

huonosti. Saman asian ovat todenneet tutkimuksissaan myös Häkkinen (2011), Oboku & Ahmed (2014), Rafindadi ym. (2014), Nesteby ym. (2016), Saleh & Alalouch (2015). Prosessinhallinnan kannalta on olennaista että kaikki tuotantovaiheeseen osallistuvat tuntevat kestävän rakentamisen ja ympäristöluokitusten asettamat vaatimukset ja sitoutuvat noudattamaan niitä. Tutkimuksen aikana testattiin digitaalisen perehdytyksen soveltumista ympäristöluokituksen mukaisten vaatimusten selvittämiseksi tuotantovaiheen työntekijöille ja tulosten perusteella perehdytys toimii ympäristöluokituksen mukaisten vaatimusten välittämisen työkaluna. Tapaustutkimuksen ympäristöluokituksen mukainen Joutsenmerkki- perehdytys saatiin tutkimustyön puitteissa käyttökelpoiseen muotoon ja perehdytysaineisto jäi tutkimuksen jälkeenkin tapaustutkimuskohteen työmaalle käyttöön.

Työmaatoimintojen digitalisoituminen tulee näkymään tulevaisuudessa yhä enemmän myös kestävän rakentamisen prosessien kehityksessä. Digitaalisen perehdytyksen lisäksi tämän tutkimustyön aikana huomattiin ympäristöluokituksen vaatimusten mukaisen laadunhallinnan ja materiaalivalvonnan onnistuvan jo olemassa olevilla sähköisillä työkaluilla. Lund (2016) tutki diplomityössään digitalisaation hyödyntämistä laadunohjauksessa ja - varmistuksessa ja työn puitteissa todettiin NCC:llä käytössä olevan Congrid- applikaation olevan tällä hetkellä paras ja soveltuvin työkalu laadunhallintaan. Sama todettiin tämän työn puitteissa tutkittaessa Joutsenmerkin asettamien vaatimusten mukaisen toteutuksen valvomista ja dokumentointia työmaaolosuhteissa.

Tämän tutkimuksen aikana tuli esille, että ympäristöluokituksen tehokas käyttäminen ja paikallinen soveltuminen vaativat käyttöönottoa. Ympäristöluokitusten mukaisesta toteutuksesta on saatavilla huonosti yksityiskohtaisempaa tietoa, koska sekä kansainvälisten että paikallisten ympäristöluokitusten käyttöönotto vaatii aina jonkun yksittäisen yrityksen pioneerityötä. Tämä pioneerityö on aloitettu LEED- ja BREEAM- luokitusten osalta toimitilarakentamisessa jo vuonna 2009 ja on nyt alkamassa asuntorakentamisessa. Hyvä esimerkki rakennusyritysten pioneerityöstä on BREEAM- luokituksen tulo Suomen toimitilarakentamiseen, jonka kansallisesta käyttöönotosta on vastannut NCC Suomi Oy. Ympäristöluokitusten kehittämisellä voidaan vaikuttaa kestävän rakentamisen kehityslinjoihin ja tulevaisuus näyttää kuinka kestävän kehityksen moninaisuus saadaan paremmin toteutumaan vielä lähinnä ympäristövaikutuksiin keskittyviin ympäristöluokituksiin. Selvää kuitenkin on, ettei ympäristöluokitusten moninaistaminen ja kehittyminen tulevaisuudessa tule ainakaan vähentämään niiden vaatimuksia rakennusprosessin tuotantovaiheelle.

7.2 Toimenpide- ehdotukset ja jatkotutkimukset

Tutkimustyön tuloksena laadittua prosessikaaviota tulisi käyttää tai ainakin siinä mainitut toimenpiteet tulisi huomioida jatkossa toteutettavissa ympäristöluokitusta hakevissa asuinkerrostalokohteissa yksikön sisällä. Prosessikaavio on yleinen ja tulee toimenpiteidensä valossa kohdekohtaistaa jokaiseen projektiin erikseen ja prosessikaavion soveltamisessa tulee ottaa myös ympäristöluokitusten kehittyminen huomioon, sillä suurin osa luokituksista päivittyy säännöllisesti ja samalla vaatimuksetkin päivittyvät. Prosessikaavio tarjoaa kuitenkin uudenlaisia sovelluksia kuten esimerkiksi digitaalisen perehdytyksen hyödyntämistä tiedonjakamiseen ympäristöluokitusten kriteerien vaatimusten osalta, mitä tulisi hyödyntää tulevissa ympäristöluokitelluissa asuntokohteissa.

Prosessikaavio tarjoaa yksikön ja työmaan näkökulmasta konkreettisia rakennusprosessin hallintaa tukevia toimenpiteitä, joita tulisi huomioida ja soveltaa ympäristöluokituksen näkökulmasta rakennusprosessin tuotantovaiheessa. Tutkimuksen aikana nousi esiin

yhtiön ja konsernin sisäinen tietotaso kestävästä rakentamisesta ja kuinka ympäristöluokituksen hakuprosessin eri vaiheisiin olisi mahdollista hyödyntää muita tuotantoyksiköitä ja muun muassa tytäryhtiönä toimivan suunnitteluyrityksen tarjoamia palveluita esimerkiksi ympäristöluokituksen lähtötilannearvioinnissa, jonka tarkoituksena on kohdekohtaisesti prosessin hankekehitysvaiheessa. Lähtötilannearvioinnissa tulisi arvioida kunkin ympäristöluokituksen soveltumisen kyseiseen kohteeseen, mikä auttaisi muun muassa prosessien riskien ja tarjoushinnan määrittämisessä. Kyseinen lähtötilanneselvitys- käytäntö on ympäristöluokitellusta hakevissa kohteissa käytössä yhtiön sisällä eri toimialoilla.

Tutkimuksessa keskityttiin rakennusprosessin tuotantovaiheeseen ja sen aikaiseen prosessinhallintaan. Lisätutkimusta ehdottomasti vaatii ympäristöluokituksen hakuprosessin kokonaisvaltaisempi tutkiminen, jonka yksi oleellinen ja tärkeä osa koko ympäristöluokituksen toteutumisen kannalta on hankekehitys- ja suunnitteluvaihe. Toteutuskustannusten nousu nähtiin yhtenä suurimmista riskeistä ympäristöluokitellun asuinkerrostalon rakennusprosessin hallinnan kannalta, mutta suurempi vaikutusmahdollisuus toteutuviin kustannuksiin on rakennusprosessin suunnitteluvaiheessa. Ympäristöluokituksen hakuprosessia ja sen vaatimuksia tuotantoyksikön näkökulmasta tulisi tutkia lisää, mikä mahdollistaisi myös eri urakkamuotojen soveltamisen ympäristöluokiteltujen asuinkerrostalojen tuotannossa.

Tutkimuksen tapaustutkimuksessa keskityttiin Joutsenmerkki- ympäristöluokitukseen ja yksikön ainoa kokemus asuntorakentamisessa käytettävistä ympäristöluokituksista on Joutsenmerkistä vielä tällä hetkellä. Ympäristöluokituksia vertailtiin tämän tutkimuksen osalta vain selvittääksemme niiden eroavaisuuksia ja yhteneväisyyksiä rakennusprosessin hallinnan kannalta ja miten tapaustutkimuksen kohteena ollut Joutsenmerkki- luokitus edustaa ympäristöluokituksia asuntorakentamisessa yleensä. Jatkotutkimusta vaatii ympäristöluokitusten tarkempi tarkastelu ja vertailu sekä asuntorakentamisen ympäristöluokitusten kehitys lähitulevaisuudessa, millä on oma merkityksensä myös rakennusprosessin hallinnan näkökulmasta.

Rakennusprosessin hallinnan näkökulmasta suuret toteutuskustannukset nähtiin yhtenä suurimmista riskeistä ja haasteista rakennettaessa ympäristöluokiteltuja asuinkerrostaloja. Ympäristöluokitusten toteutuskustannuksista ei ollut kuitenkaan saatavilla kustannustietoa asuntorakentamisen osalta, koska ympäristöluokitusten käyttöönotto asuntorakentamisessa on vielä alkuvaiheessa. Kohteiden karttumisen myötä kustannustietoutta tulisi lisätä ympäristöluokitusten suhteen, jonka avulla ympäristöluokitukset saadaan paremmin mukaan osaksi yhtiön muitakin prosesseja kuten tarjousprosesseja ja laskentaprosesseja.

Laadittua prosessikaaviota tulisi käyttää ja testata tämän tutkimustyön pohjalta enemmän, sillä yhden tutkimuksen puitteissa koko prosessikaaviota koskevaa testausta on mahdoton toteuttaa. Prosessien kehittäminen on pitkäkestoista ja jatkuvaa eikä tässä tutkimuksessa tuotettu prosessikaavio ole ilman projektien sisäistä kehittämistä ja tietojen jatkuvaa päivittämistä käyttökelpoinen pitkään, koko ajan kehittyvien ympäristöluokitusten ja kestävän rakentamisen prosessien parissa.

Ympäristöluokitukset konkretisoivat kestävää rakentamista ja on yksi tapa edistää yhtiön ja yksikön sisäisiä kestävän rakentamisen käytäntöjä. Lisätutkimusta vaatii kestävän rakentamisen edistäminen yksikön kaikissa toiminnoissa, johon pakottaa tulevaisuudessa myös kiristyvä lainsäädäntö.

7.3 Johtopäätökset

Tutkimuksella saavutettiin sille asetetut tavoitteet. Ensimmäiseen tutkimuskysymykseen vastataan laaditun prosessikuvauksen avulla, josta on nähtävissä ne asiat, jotka asettavat vaatimuksia rakennusprosessille. Prosessikaavion laadinnassa otettiin huomioon sen soveltuvuus työmaan käyttöön muun muassa optimoimalla sen käyttöä visuaalisena työkaluna ja sisällyttämällä siihen hyväksi todettuja ja jo käytössä olevia toimintamalleja ja työkaluja. Toiseen tutkimuskysymykseen vastataan työn edetessä, mikä takaa laajan näkökulman kartoitettaessa ympäristöluokituksen asettamia mahdollisuuksia ja haasteita tulevaisuudessa. Tutkimusongelma työlle oli se että kohdeyrityksen asuntorakentamisen yksiköllä ei ole ennestään tietoa ja kokemuksia ympäristöluokiteltujen asuinrakennusten rakentamisesta. Tämä tutkimus antaa jokaiselle asuntorakentamisen yksikössä työskentelevälle riittävät lähtötiedot ympäristöluokituksien toteutukselle, hyödyntäen paljon jo yhtiön sisäistä eri toimialojen tietoa ja kokemuksia.

Tutkimustyö on rajattu koskemaan asuntorakentamista ja rakennusprosessin toteutusvaihetta. Ympäristöluokituksen toteuttamisen suhteen tutkimustyön alussa oletettiin, että vain suunnittelua sisältävät urakkamuodot soveltuvat ympäristöluokitusten mukaiseen toteutukseen ja tutkimuksen mukaan NCC:n muiden tuotantoyksiköiden toteuttamissa ympäristöluokitelluissa kohteissa yleisesti käytössä ovat KVR- urakkamuodot. Rakennusprosessin toteutusvaihe on kuitenkin yksikön sisäisessä toimintajärjestelmässä aina samanlainen ja erot eri urakkamuotojen väleillä näkyvät tuotantovaiheessa melko pieninä, joten tutkimus ei anna suoraa vastausta suunnittelua sisältävien urakkamuotojen paremmalle soveltumiselle ympäristöluokitelluissa kohteissa.

Suomessa ympäristöluokiteltujen asuinrakennusten rakentaminen on vielä uutta. Tutkimuksen tapaustutkimuskohteena tutkittiin Joutsenmerkkiä hakevaa asuntokohdetta, mikä osoittautui tutkimuksen kannalta hyväksi tapaustutkimuskohteeksi. Tutkimustyön aikana tehdyssä lyhyessä vertailussa Joutsenmerkki asettaa kaikista käytössä olevista ympäristöluokituksista eniten vaatimuksia työmaalle tuotantovaiheeseen ja on tästä syystä soveltuvin tähän tutkimukseen. Tulevaisuus näyttää, mikä ympäristöluokitus yleistyy asuntorakentamisessa Suomessa ja miten niiden kehitys esimerkiksi digitalisoituvampaan suuntaan helpottaa rakennusprosessin hallintaa ympäristöluokituksia hakevissa kohteissa jatkossa.

Tutkimus osoittaa alkuhypoteesin todeksi: Ympäristöluokitukset asettavat vaatimuksia rakennusprosessille. Kestävän rakentamisen prosesseista on olemassa tutkimuksia ja soveltuvia ratkaisuja yleisellä tasolla ja ympäristöluokitusten kehittymisestä sekä soveltuvuuksista on olemassa paljon tutkimuksia, mutta tämä tutkimus tarjoaa konkreettisen prosessikuvauksen ympäristöluokiteltujen asuinrakennusten toteuttamiseksi sekä pääkaupunkiseudulla toimivan tuotantoyksikön näkökulmasta että yleisellä tasolla. Ympäristöluokitusten suurien erojen ja jatkuvan kehittymisen vuoksi prosessiin vaikuttavia tekijöitä pyrittiin löytämään myös kestävän rakentamisen lainalaisuuksista. Ympäristöluokitukset ovat vielä kehitysasteella ja tähtäävät rakentamisen elinkaarioptimointiin ja kestävään rakentamiseen, joten kestävän rakentamisen näkökulmat edustavat tässä tutkimuksessa ympäristöluokitusten kehityksen suuntaa.

Tutkimus osoitti NCC:n toiminnan olevan jo lähellä kestävää rakentamista ja ympäristöluokitusten vaatimaa tasoa monella osa- alueella. Ympäristöluokitusten mukainen rakentaminen ei vaadi suuria muutoksia yksikön toimintamalleissa ja kriteerien mukaiselle toteutukselle on työkalut jo yksikön sisällä olemassa. Suurin haaste onkin työmaan

tuotantovaiheessa eri osapuolien tiedon lisääminen kestävästä rakentamisesta ja ympäristöluokituksista sekä motivointi niiden asettamien vaatimusten toteuttamiselle.

Tutkimus vastaa prosessikaavion muodossa tutkimuskysymykseen ja antaa toimintamallin ympäristöluokituksen mukaiselle toteutukselle. Tämän lisäksi tutkimus osoitti myös kuinka rakennusprosessia voidaan pienillä muutoksilla kehittää kohti kestävän rakentamisen mukaisia ratkaisuja. Tutkimuksen mukaan NCC:n asuntorakentamisen yksikön toimintaa voidaan kehittää kohti kestävää rakentamista, mutta yhtä hyvin toimintamalliin voidaan ajaa esimerkiksi muita strategiaa tukevia standardeja. Tämän tutkimuksen tuloksena esitetty prosessikuvaus tukee rakennusprosessin tuotantovaihetta ympäristöluokituksen mukaisessa toteutuksessa, mutta tarjoaa hyviä kestävän rakentamisen toimintamalleja ja työkaluja koko yksikön käyttöön. Prosessikuvaus olisi hyvä ottaa laajamittaiseen käyttöön soveltuvilta osin koko yksikköön strategian mukaisena kehittymisenä, mikä parantaisi yksikön toimintaa ja edistäisi kestävää rakentamista. Tämän askeleen joutuvat kaikki asuntorakentamisessa toimivat yritykset ottamaan ennemmin tai myöhemmin kiristyvän lainsäädännön vuoksi, mutta ne jotka kehittävät toimintaansa ennakoivasti saavuttavat kilpailuedun tulevaisuuteen.

Lähdeluettelo

Aho, T. 2014. KVR- hankkeen projektikäsikirja. diplomityö. Teknillinen korkeakoulu. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Tampere. 112 s. + liitt. 3 s.

Blayse, A.M. & Manley, K. 2004. Key influences on construction innovation. Construction Innovation 4:3, 143-154. [Viitattu 26.4.2017]. Artikkeli. Saatavissa: http://www.emeraldinsight.com.libproxy.aalto.fi/doi/pdfplus/10.1108/14714170410815147

Borkovskaya, V.G. 2014. The concept of innovation for sustainable development in the construction business and education. Applied Mechanics and Materials Vols. 475-476 (2014). 1703-1706.

BREEAM kotisivut. [Viitattu 13.3.2017]. Saatavissa: http://www.breeam.com/.

Dave, B. 2016. Business process management - a construction case study. Construction Innovation, Vol. 17 Issue: 1, 50-67, DOI: 10.1108/CI-10-2015-0055. Artikkeli. [Viitattu 26.4.2017]. Saatavissa: http://search.proquest.com.libproxy.aalto.fi/docview/1855067765.

Davenport, T. H. 1993. Process Innovation: Reengineering Work through Information Technology. Boston, Massachusetts: Harvard Business School Press. ISBN 0-87584-366-2 (painettu).

Ding, G.K.C. 2008. Sustainable construction – The role of environmental assessment tools. Journal of Environmental Management 86 (2008). 451-464. Artikkeli. [Viitattu 24.3.2017]. Saatavissa: http://www.sciencedirect.com.libproxy.aalto.fi/science/article/pii/S0301479706004270.

Edelman H. 2013. Kestävä rakentaminen on muutakin kuin E-lukuja. Rakennuslehden blogi. [Viitattu 15.3.2017]. Saatavissa: http://www.rakennuslehti.fi/blogit/kestava-rakentaminen-on-muutakin-kuin-elukuja/.

Eppler, M.J., Bresciani, S. 2013. Visualization in management: From communication to collaboration. A response to Zhang. Journal of visual languages and Computing 24 (2013). 146-149. Artikkeli. [Viitattu 7.3.2017]. Saatavissa: http://www.sciencedirect.com.libproxy.aalto.fi/science/article/pii/S1045926X13000037.

ERA17- kotisivut. [Viitattu 12.3.2017]. Saatavissa: http://era17.fi/.

FSC Finland kotisivut. [Viitattu 20.3.2017]. Saatavissa: https://fi.fsc.org/fi-fi.

Galsworth, G. 2011. The Visual Workplace. Printing Industries of America: The Magazine 3/2011. 14-16 ja 20. Artikkeli. [Viitattu 6.3.2017]. Saatavissa: http://search.proquest.com.libproxy.aalto.fi/docview/880049286/fulltextPDF/79FE392B694F4BF3PQ/1?accountid=27468.

Gao, S. & Low, S.P. 2014. Lean Construction Management – The Toyota Way. Springer Science + Business Media Singapore. ISBN 978-981-287-013-1, ISBN 978-981-287-014-8(sähköinen).

Goforen kotisivut. [Viitattu 29.3.2017]. Saatavissa: https://gofore.com/.

Green Building Council Finland- kotisivut. [Viitattu 10.12.2016-24.3.2017]. Saatavissa: http://figbc.fi/.

Green Building Council Finland. 2013. Rakennusten elinkaarimittarit (2013). Ohjeistus. Ulkoasu: Kimmo Kivelä & Inari Savola. Julkaisija: Green Building Council Finland. 53 s. + liitt. 11s. [Viitattu 6.12.2016]. Saatavissa: http://figbc.fi/wpcontent/uploads /2013/01/ Rakennusten_elinkaarimittarit_2013.pdf.

Haapio, A. 2008. Environmental Assessment of Buildings. Väitöskirja. Teknillinen korkeakoulu. Kemian- ja materiaalitieteiden tiedekunta. puunjalostustekniikan laitos. Helsinki. 34 s. + app.66 s. [Viitattu 10.12.2016]. Saatavissa: http://lib.tkk.fi/Diss /2008/isbn 9789512295043/isbn9789512295043.pdf. ISBN (printed) 978-951-22-9503-6, ISBN (pdf) 978-951-22-9504-3.

Hafencity Hamburg kotisivut. [Viitattu 17.3.2017]. Saatavissa: http://www.hafencity.com/en/overview/hafencity-hamburg-state-of-development.html.

Hakaste, H. 2008. Rakennusten ympäristöluokitus Promise. Teoksessa: Koskenvesa, A. (toim.). Rakentajain kalenteri 2008. Rakennustieto Oy. Helsinki. Artikkeli.

Hannus, J. 2000. Prosessijohtaminen- Ydinprosessien uudistaminen ja yrityksen suorituskyky. 5. painos. 368 s. HM&V Research Oy. ISBN 951-96708-0-7.

Harty, C. 2010. Implementing innovation: designers, users and actor- networks. Technology Analysis & Strategic Management. 22:3, 297-315. Artikkeli. [Viitattu 26.4.2017]. Saatavissa: http://www.tandfonline.com.libproxy.aalto.fi/doi/abs/10. 1080/09537321003647339.

Hirsjärvi, S., Remes, P & Sajavaara, P. 2009. Tutki ja kirjoita. Typografia ja taitto: Leena Lintunen, Katariina Tirkkonen-Wane, piirrokset: Eila Sinivuori. 15. uudistettu painos. Tammi. Tekijät ja Kirjayhtymä Oy. 464 s. ISBN 978-951-31-4836-2.

Howell, G. A. 1999. What Is Lean Construction - 1999. Teoksessa: Seventh Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC-7). Berkeley, USA, 26.-28.7.1999. Proceedings IGLC-7. [Viitattu 27.3.2017]. Saatavissa: http://www.leanconstruction.org/media/docs/Howell.pdf.

Huang, Y. Gao, S. 2011. Consideration on Lean Construction Applied in China Construction Industry. Shigong Jishu/Construction Technology. 40:11b. 93-95. Artikkeli.

Huhtanen, P. 2014. Energiatehokkuuden muutosjohtaminen. Lisensiaattityö. Aalto- yliopiston insinööritieteiden korkeakoulu. Maanmittaustieteiden laitos. Professuuri: Kiinteistöliiketoiminta. Espoo. 114 s. + liitt. 8s. [Viitattu 27.1.2017]. Saatavissa: https://aaltodoc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/15449/lic_huhtanen_pertti_2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Häkkinen, T (toimittanut). 2011. Kestävän rakentamisen prosessit. VTT Tiedotteita-Research Notes 2572. 100 s. + liitt. 3 s. julkaisija VTT. [Viitattu 10.12.2016]. Saatavissa: http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2011/T2572.pdf.

Janni Tjell & Petra M. Bosch- Sijtsema. 2015. Visual management in mid- sized construction design projects. Procedia Economics and Finance 21 (2015).193-200. Artikke-

li. [Viitattu 7.3.2017]. Saatavissa: http://ac.els-cdn.com/S2212567115001677/1-s2.0-S2212567115001677-main.pdf?_tid=ac219baa-ff5e-11e6-ba2d-.

Joutsenmerkki- kotisivut. [Viitattu 12.12.2016]. Saatavissa: http://joutsenmerkki.fi/ ja http://www.svanen.se/en/ARKIV/Paper--Pulp/Manufacturers/Forestry/Requirements-on-certified-forestry/.

Kankainen, J. & Junnonen, J-M. 2001. Rakennuttaminen. Rakennustieto Oy. 101 s. ISBN 951-682-631-8.

Karhu, J. 2015. Rakennusten elinkaari- Rakennusten elinkaari- ja hiilijalanjälkilaskentamenetelmien hyödyntäminen. Rakennusten elinkaarimittarit ja Kiinteistöpassi seminaari 25.3.2015 Saimia. Green Building Council Finland. [Viitattu 10.12.2016]. Saatavissa: https://www.saimia.fi/docs/ajankohtaista/rakennettu-ymparisto-seminaarisarja/Rakennusten_elinkaari.pdf.

Koeppel, S. & Ürge-Vorsatz, D. 2007. Assessment of policy instruments for reducing greenhouse emissions from buildings. Report for the UNEP SBCI. 81 s. [Viitattu 26.4.2017]. Saatavissa: http://www.greeningtheblue.org/sites/default/files/AssessmentofPolicyInstruments_0.pdf.

Koistinen, L. & Koskenvesa, A. 2014. Visuaalinen johtaminen. Teoksessa: Koskenvesa, A (toim.). Rakentajain kalenteri 2014. Rakentajain kustannus. Helsinki. Artikkeli.

Koivu, T. 2002. Toimintamalli rakennusprosessin parantamiseksi. Väitöskirja. VTT Publications 475. Teknillinen korkeakoulu. Rakennustekniikan osasto. Tampere. 174 s. + liitt. 32 s. [Viitattu 2.2.2017]. Saatavissa: http://www.vtt.fi/inf/pdf/publications/2002/P475.pdf.

Koskela, L. 1992. Application of the new production philosophy to construction. CIFE Technical report 72, Stanford University. 75s.

Lahdenperä, P. 1995. Reorganizing the building process the holistic approach. VTT Building Technology, Tampere. 203s.

Li, S. Wu, X. Zhou, Y. Liu, X. 2017. A study on the evaluation of implementation level of lean construction in two Chinese firms. Renewable and Sustainable Reviews. Vol. 71. 846-851. Artikkeli.

Lund, J. 2016. Digitalisaation hyödyntäminen laadunohjauksessa ja –varmistuksessa. Diplomityö. Aalto- yliopisto. Rakenne- ja rakennustuotantotekniikan koulutusohjelma. Espoo. 68 s. + liitt. 8s.

Melissa M. Bilec, Robert J. Ries ja H. Scott Matthews, A.M.ASCE. 2010. Life-Cycle Assessment Modeling of Construction Processes for Buildings. Journal of Infrastructure Systems/September 2010/199-205. Artikkeli. [Viitattu 22.11.2016]. Saatavissa: http://ascelibrary.org.libproxy.aalto.fi/doi/pdf/10.1061/%28ASCE%29IS.1943-555X.0000022.

Mesimäki, M. Nieminen, H & Lehvävirta, S. 2015. Uudenlainen vihreän infrastruktuurin toteutumisen reunaehdot rakentamisen prosesseissa- tapauksena viherkatot. Yhdyskuntasuunnittelu 53 (2015): 3. 11-35. Artikkeli. [Viitattu 7.2.2017]. Saatavissa:

http://www.yss.fi/journal/uudenlaisen-vihrean-infrastruktuurin-toteutumisen-reunaehdot-rakentamisen-prosesseissa-tapauksena-viherkatot/.

Nesteby, Å.I., Aarrestad, M.E., Lohne, J. Bohne, R.A. 2016. Integration of BREEAM-NOR on construction projects: Utilizing the Last Planner System. Energy Procedia 96 (2016). 100-111. Artikkeli.

Ogunbiyi, O., Oladapo, A., Goulding, J. 2014. An empirical study of the impact of lean construction techniques on sustainable construction in the UK. Construction Innovation, Vol 14, Iss 1. 88-107. Artikkeli. [Viitattu 20.3.2017]. Saatavissa: http://www.emeraldinsight.com.libproxy.aalto.fi/doi/pdfplus/10.1108/CI-08-2012-0045.

Opoku A. & Ahmed V. 2014. Embracing sustainability practices in UK construction organizations- Challenges facing intra-organizational leadership. Built Environment Project and Asset Management, Vol.4 No.1. 90- 107. Artikkeli. [Viitattu 20.3.2017]. Saatavissa: http://www.emeraldinsight.com.libproxy.aalto.fi/doi/pdfplus/10.1108/BEPAM-02-2013-0001.

Ortiz, O., Castells, F., Sonnemann G.. 2009. Sustainability in the construction industry: A review of recent developments based on LCA. Construction and Building Materials 23 (2009). 28-39. Artikkeli. [Viitattu 19.3.2017]. Saatavissa: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061807003005.

Pohjoismainen ympäristömerkintä. 2016. Joutsenmerkin kriteerit - Pientalot, kerrostalot, koulu- ja päiväkotirakennukset. Versio 3.2. [Viitattu 17.1.2017]. Saatavissa: http://joutsenmerkki.fi/wp-content/uploads/2016/03/Pientalot-kerrostalot-koulu-ja-päiväkotirakennukset-3.2.pdf.

Promise kotisivut. [Viitattu 23.3.2017]. Saatavissa: http://www.promise-luokitus.fi/.

Rafindadi A.D., Mikić M., Kovačić I.,Cekić Z. 2014. Global Perception of Sustainable Construction Project Risks. Procedia – Social and Behavioral Sciences 119 (2014). 456-465. Artikkeli. [Viitattu: 21.3.2017]. Saatavissa: http://ac.els-cdn.com.libproxy.aalto.fi/S1877042814021429/1-s2.0-S1877042814021429-main.pdf?_tid=1790384e-064c-11e7-9478-00000aacb362&acdnat=1489231134_126c2894bf1d259bd6e00fd28f8cff66.

Rakennusteollisuus RT ry kotisivut. [Viitattu 11.4.2017]. Saatavissa: https://www.rakennusteollisuus.fi.

Saleh, M.S. Alalouch, C. 2015. Towards sustainable construction in Oman: Challenges & Opportunities. Procedia Engineering 118 (2015). 177-184. Artikkeli.

Suomen standardoimisliitto SFS ry kotisivut. [Viitattu 25.4.2017]. Saatavissa: https://www.sfs.fi.

Toimintajärjestelmä. 2016. NCC:n toimintajärjestelmä. NCC Suomi Oy.

Tezel, B., Koskela, L., Tzortzopoulos Fazenda, P., Koskenvesa, A. & Sahlstedt, S. 2011. An examination of visual management on Finnish construction sites. In: Proceedings of 19th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Lima, Peru. 13-15.7.2011. [Viitattu 6.3.2017]. Saatavissa: http://iglc.net/Papers/Details/1103.

Tezel, B., Koskela, L., Tzortzopoulos, P. 2010. Visual Management in construction: Study report on Brazilian cases. University of Salford. [Viitattu 6.3.2017]. Saatavissa: http://usir.salford.ac.uk/12865/2/Visual_Management_in_Construction.pdf.

U.S. Green Building Council- nettisivusto. [Viitattu 10.12.2016-25.3.2017]. Saatavissa: http://www.usgbc.org/.

Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 26.3.2009/205. [Viitattu 2.4.2017]. Saatavissa: http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2009/20090205.

Virtanen, A. 2006. Konstruktiivinen tutkimusote. Teoksessa: Ammattikasvatuksen aikakauskirja 8 (1), 46-52. Kustantaja OKKA- säätiö 2006. [Viitattu 26.1.2017]. Saatavissa: http://www.okka-saatio.com/ aikakauskirja/pdf/Aikak_2006_1_D_Virtanen.pdf. ISSN 1456-7989 (sähköinen)

Zhang Kang. 2012. Using visual languages in management. Journal of Visual and Computing 23 (2012) 340-343. Artikkeli. [Viitattu 6.3.2017]. Saatavissa: http://www.sciencedirect.com.libproxy.aalto.fi/science/article/pii/S1045926X12000584.

Zhou, L. & Lowe, D.J. 2003. Economic challenges of sustainable construction. Engineering, Project Management Division, UMIST, Manchester, UK. Published by: The RICS Foundation. 2003. Proceedings of The RICS Foundation Construction and Building Research Conference 1st to 2nd September 2003. School of Engineering and the Built Environment. University of Wolverhampton. S. 113–126. [Viitattu 26.4.2017]. Saatavissa: https://www.escholar.manchester.ac.uk/api/datastream?publicationPid=uk-ac-man-scw:243826&datastreamId=FULL-TEXT.PDF.

Haastattelut

H1. Projekti- insinööri, NCC Suomi Oy, 14.2.2017
H2. Ympäristöpäällikkö, NCC Suomi Oy, 11.4.2017
H3. Ympäristöinsinööri, NCC Suomi Oy, 13.4.2017
H4. Ympäristöasiantuntija, Optiplan Oy/BREEAM AP, 12.4.2017

Koulutukset

K1. Joutsenmerkki- koulutus 6.2.2017
K2. BREEAM- koulutus 31.3.2017

Liiteluettelo

Liite 1. Sähköisen perehdytyksen Joutsenmerkki-osuus

Kohteeseen haetaan Joutsenmerkkiä

Kriteeri O10 kosteudenhallinta

Työmaalla jokaisen toimijan on tutustuttava NCC:n laatimaan kosteudenhallintasuunnitelmaan sekä toimittava sen mukaan.

Kosteudenhallintasuunnitelmassa kerrotaan mm:
a) materiaalin ja tekniikan valinta, joilla on vaikutusta kosteuteen,

b) Rakennuspaikalla materiaalie ja rakennuksen/rakenteiden suojaustoimenpiteet,

c) eri materiaalien suurin sallittu kosteusaste (kriittinen kosteus sekä turvaraja),

d) betonin kosteuden valvontamenettelyn määrittely.

Kosteudenhallintasuunnitelman löydät työmaatoimiston ja sosiaalitilan ilmoitustauluilta.

Tulostettavat kartat, ohjeet ja yhteystiedot | Miika Knuutila | Palaa työmaavalintaan

Kohteeseen haetaan Joutsenmerkkiä

Rakennusmateriaalit ja kemialliset aineet

Kaikki rakennustyömaalla käytettävät rakennusmateriaalit sekä kemialliset aineet on aina hyväksytettävä Joutsenmerkin organisaatiolla ennen käyttöä.

Mikäli olet tuomassa työmaalle jotain rakennusmateriaalia tai kemiallisia aineita, **varmista aina ennen tuotteiden tuomista työmaalle niiden kelpoisuus NCC:n työnjohtajalta!** Työmaalta EI SAA löytyä mitään materiaalia/ainetta, jota ei ole hyväksytetty tai kirjattu työmaan materiaalilokiin. (O15, O31)

Yksittäistä aliurakkaa tai toimitusta koskevien rakennusmateriaalien ja kemiallisten tuotteiden ohjeistus, tarkastuskäytännöt sekä mahdollisista rikkeistä koituvat sanktiot on esitetty jokaisen omassa aliurakkasopimuksessa.

NCC

Kohteeseen haetaan Joutsenmerkkiä

Kriteeristöstä aiheutuvia vaatimuksia kemialllisille tuotteille ja rakennusmateriaaleille:

O14: Formaldehydipäästöt on rajoitettu kaikissa puusta tehdyissä rakennuslavyissä.
O17: Työmaalla käytössä olevat kemialliset tuotteet eivät saa sisältää CMR-aineita.
O18: Säilöntäainepitoisuutta sisämaaleissa ja -lakoissa yksinöön tai yhteensä rajoitetaan.
O19: Säilöntäaineen määrää sisäkäyttöön tarkotetuissa kemiallisissa tuotteissa rajoitetaan.
O20: Kriteerissä mainuttu aineet, joita rakennustyömaalla käytössä olevissa kemiallisissa tuotteissa ei saa olla.
O21: Nanomateriaaleista peräisin olevien nanopertikkeleiden määrää työmaalla käytettävissä kemiallisissa tuotteissa on rajoitettu.
O22: Kriteerissä mainittu aineet, joita työmaalla käytössä olevat rakennusmateriaalit eivät saa sisältää.
O23: Sisältää rajoitukset työmaalla käytössä olevien rakennusmateriaalien sisältävien nanopartikkeleiden ja antibakteeristen lisäaineiden käytölle.
O24: Kriteeri asettaa vaatimuksia työmaalla käytettäville lattioiden, kattojen ja seinien pintamateriaaleille, jotka eivät saa sisältää kloorattua muovia (PVC, PVDC).
O26: Kuparin käyttö on rajoitettu rakennuksen vesijohdoissa, julkisivussa sekä katoissa.
O27: Kriteeri sisältää puulajit, joita ei saa olla käytössä rakennustyömaalla
O28: Puuraaka-aineen käyttö kattotuoleissa, rungossa ja alapohjassa, sisäpaneelina tai julkisivuissa vaatii puuraaka-aineen jäljitettävyyden sertifiointia sekä dokumentaatiota.
O29: Kriteeri asettaa rajoituksia kyllästetyn puutavaran käytölle rakennustyömaalla

Liite 2. Haastattelukysymykset

14.2.2017. Projekti- insinööri, NCC Suomi Oy:

1. *Mitkä asiat on otettava ympäristöluokitellut asuinkerrostalon rakennusprosessin toteutusvaiheessa (rakentamisen valmistelu, rakentaminen, viimeistely- ja käyttöönotto) huomioon?*
2. *Mitä asioita tulisi ympäristöluokitellun asuinkerrostalon prosessikaaviosta löytyä?*
3. *Mitkä yksittäiset asiat näet prosessin kehittämisen/muuttamisen kannalta merkittävinä ympäristöluokitellun asuinrakennuksen toteutusvaiheessa?*
4. *Onko yrityksemme konseptiratkaisujen toteutusvaiheen kehittäminen mahdollisesti malli ympäristöluokiteltujen asuinkerrostalojen toteutusvaiheen kehittämiselle? Soveltuuko toimintojen vakinaistaminen ja koulutuksen keskittäminen ympäristöluokituksissa?*
5. *Mitä hyötyä ympäristöluokitellun asuinkerrostalon rakentamisesta on NCC Suomi Oy:lle nyt ja tulevaisuudessa?*
6. *Millaisena mahdollisuutena näet ensimmäisen Joutsenmerkki- hankkeemme tällä hetkellä?*
7. *Mitkä ovat suurimmat riskit/ haasteet ympäristöluokiteltujen asuinkerrostalojen rakentamisessa NCC Suomi Oy:n näkökulmasta? (esim. Joutsenmerkkikehityshankkeessamme)*

12.4.2017. Ympäristöasiantuntija, Optiplan Oy/BREEAM AP

1. *Mikä on toimenkuvasi Optiplanilla?*
2. *Mikä on roolisi ympäristöluokitelluissa kohteissa?*
3. *Minkä toimialojen kanssa olet tekemisissä NCC:llä (VD,TR, AR)?*
4. *Vaatiiko ympäristöluokitellun rakennuksen toteutus mielestäsi ympäristöasiantuntijaa?*
5. *Miksi NCC:llä rakennetaan BREEAM- kohteita? Mitä mahdollisuuksia se tuo NCC:lle?*
6. *Miten BREEAM- toteutuksessa on kehitytty vuodesta 2010 NCC:llä? Miten näet työmaan pätevöityneen BREEAM:in toteutukseen?*
7. *Millaisilla urakkamuodoilla BREEAM- kohteita rakennetaan NCC:llä (urakka, KVR, SR)?*
8. *Mitä vaatimuksia BREEAM:n hakeminen asettaa työmaalle? Millaisia työkaluja ympäristöluokitusten toteutuksessa on tällä hetkellä käytössä TR:n työmailla?*
9. *Mitä haasteita BREEAM asettaa työmaalle? Entä koko rakennusprosessille?*
10. *Miten arvioisit BREEAM- luokituksen kehittyvät lähitulevaisuudessa?*
11. *Miten hyvin elinkaariajattelu toteutuu mielestäsi BREEAM- luokituksessa?*
12. *Mitä tulisi mielestäsi ottaa huomioon ympäristöluokiteltujen asuinrakennusten rakennusprosessissa?*
13. *Millaisena näet Joutsenmerkin tulevaisuuden Suomen asuntorakentamisessa?*

13.4.2017. Ympäristöinsinööri, NCC Suomi Oy

1. *Mikä on toimenkuvasi NCC:llä?*
2. *Miten paljon olet tekemisissä ympäristöluokitusten kanssa?*
3. *Kuinka paljon NCC:llä (TR, KR) ympäristöluokitukset ovat tällä hetkellä käytössä?*
4. *Mitä mahdollisuuksia ympäristöluokiteltujen rakennusten rakentaminen tuo NCC:lle?*
5. *Mitä haasteita ympäristöluokitusten toteuttaminen asettaa NCC:lle?*
6. *Millaisia asioita ympäristöluokiteltujen rakennusten rakennusprosessissa tulee ottaa huomioon? Millaisia työkaluja niiden toteutuksessa on tällä hetkellä käytössä?*
7. *Miten paljon kestävän rakentamisen suhteen ollaan yhteydessä konsernin muihin maihin (esim. Ruotsiin)?*
8. *Miten kestävä rakentaminen näkyy tällä hetkellä NCC:n toiminnassa?*
9. *Mikä on vihreä tarjous?*

11.4.2017. Projektipäällikkö, NCC Suomi Oy

1. *Mikä on toimenkuvasi NCC:llä?*
2. *Miten olet tekemisissä AR:n Joutsenmerkki- hankkeen kanssa?*
3. *Miten tärkeänä näet ensimmäisen Joutsenmerkki- hankkeen toteuttamisen NCC Suomi Oy:lle?*
4. *Mitä vaatimuksia Joutsenmerkki asettaa rakennusprosessille? Mitä työmaalle?*
5. *Mitä mahdollisuuksia Joutsenmerkitty rakennus tuo NCC:lle?*
6. *Mitä haasteita Joutsenmerkityn talon rakentaminen tuo NCC:lle? Mitkä ovat mielestäsi hankkeen suurimmat riskit NCC:n kannalta?*

Liite 3. Testauksen palautelomake

VAV Kaskelantie 1

Sähköinen perehdytys palautekysely

Palautekysely koskee VAV Kaskelantie 1- työmaan sähköisen perehdytyksen työmaaosuuden joutsenmerkkiä koskevaa osuutta (otsikoitu *kohteeseen haetaan Joutsenmerkkiä*). Perehdytyksen suoritettuasi vastaa kysymyksiin:

TEHTÄVÄNIMIKE:

TUNNEN JOUTSENMERKKI- KRITEERISTÖN ENTUUDESTAAN:

☐KYLLÄ, ☐EN, ☐VÄHÄN

PEREHDYTYSAINEISTOSTA ON HYÖTYÄ TYÖMAALLA KRITEERIEN MUKAISESSA TOTEUTUKSESSA:

☐KYLLÄ, ☐EI, ☐JOUTSENMERKKIOSUUTTA TULISI MIELESTÄNI VIELÄ KEHITTÄÄ

PEREHDYTYSAINEISTO EI OLE LIIAN RASKAS JA TIETOA EI OLE LIIAN PALJON:

☐KYLLÄ, ☐EI, ☐VAIKEA SANOA

PEREHDYTYSAINEISTO SOPII TYÖMAALLA SEKÄ TYÖNTEKIJÖILLE ETTÄ TYÖNJOHDOLLE:

☐KYLLÄ, ☐EI, ☐VAIKEA SANOA

MIKÄ YKSITTÄINEN ASIA JÄI JOUTSENMERKIN MUKAISESTA TOTEUTUKSESTA MIELEESI PEREHDYTYSAINEISTON PERUSTEELLA:

_____

PEREHDYTYSAINEISTO SOVELTUU JOUTSENMERKKIAINEISTOKSI MYÖS VISUAALISEEN KÄYTTÖÖN MUUN MUASSA TYÖMAAN INFOTAULULLE:

☐KYLLÄ, ☐EI, ☐VAIKEA SANOA

VASTAA VÄITTÄMIIN PEREHDYTYSAINEISTON POHJALTA:

- Joutsenmerkki- kriteeristö asettaa vaatimuksia käytettäville rakennusmateriaaleille: ☐TOTTA, ☐TARUA

- Joutsenmerkki kriteeristö on julkinen ja kaikkien saatavilla netissä: ☐TOTTA, ☐TARUA

- Joutsenmerkin kriteerien täyttäminen on ainoastaan työmaan työnjohdon vastuulla: ☐TOTTA, ☐TARUA

- Joutsenmerkin kriteerien täyttymistä valvoo työmaalla kolmas, riippumaton osapuoli: ☐TOTTA, ☐TARUA

- kosteudenhallinnalla ja työmaan jätehuollolla ei ole mitään tekemistä Joutsenmerkin vaatimusten kanssa:

☐TOTTA, ☐TARUA